


東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 四 拾 冊

THE
JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

VOL. XL.



東京帝國大學印行
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

TOKYO, JAPAN.

1917—1918.

TAISHO 6-7.

Publishing Committee.

Prof. J. Sakurai, *LL. D.*, *Rigakuhakushi*, Director of the College (*ex officio*).

Prof. I. Ijima, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

Prof. F. Ōmori, *Rigakuhakushi*.

Prof. S. Watasé, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.



CONTENTS.

- Art. 1. T. DOR:—Über die Sonnen- und Schattenblätter einiger Bäume. *Mit 1 Tafel und 4 Textfiguren.* Publ. June 20th, 1917.
- Art. 2. H. NAKANO:—Untersuchungen über die Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen. *Mit 3 Tafeln und 9 Textfiguren.* Publ. Nov. 25th, 1917.
- Art. 3. N. YAESU:—Notes on the physiology of *Charybdea rastonii*. *With 5 textfigures.* Publ. December 5th, 1917.
- Art. 4. H. HATTORI:—Mikrobiologische Untersuchungen über einige japanische Wasserleitungen. *Mit 6 Tafeln.* Publ. December 30th, 1917.
- Art. 5. Y. TODA:—Physiological Studies on *Schistostega osmundacea* (Dicks.) Mohr. *With 2 plates and 2 textfigures.* Publ. March 31st, 1918.
- Art. 6. I. IKEDA AND Y. OZAKI:—Notes on a new *Boveria* species, *Boveria labialis* n. sp. *With 21 textfigures.* Publ. May 25th, 1918.
- Art. 7. A. MATSUMURA:—Contributions to the ethnography of Micronesia. *With 36 plates and 72 textfigures.* Publ. December 15th, 1918.
- Art. 8. A. KRYSHTOFOVICH:—On the cretaceous flora of Russian Sakhalin. *With 15 textfigures.* Publ. April 15th, 1918.



Über die Sonnen- und Schattenblätter einiger Bäume.

Von

Tōhei DOI,

Ringakushi, Rigakushi. .

Mit 1 Tafel und 4 Textabbildungen.

I. Einleitung.

Seit THOMAS¹⁾ im Jahre 1865 gefunden hatte, dass das Palisadengewebe sich stärker an der Lichtseite der Blätter entwickelt, ist der Einfluss des Lichtes auf die Palisadenausbildung von vielen Forschern beobachtet worden. STAHL²⁾ war der erste, der an den Blättern vieler Laubbäume beobachtet hat, dass sonnige Standorte eine stärkere Entwicklung des Palisadenparenchyms, schattige Standorte eine bessere Ausbildung des Schwammparenchyms hervorrufen.

Er untersuchte in seiner zweiten Arbeit³⁾ den Einfluss des Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter näher und gelangte

1) THOMAS—Zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. IV, 1865, S. 42.)

2) STAHL—Über den Einfluss der Lichtintensität auf Struktur und Anordnung des Assimilationsparenchyms. (Bot. Ztg., Bd. XXXVIII, No. 51, 1880, S. 867.)

3) STAHL—Über den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. (Sep. Abd. a. d. Zeitschr. f. Naturw. XVI, Jena, 1883.)

zu der Ansicht, dass die Palisadenzellen die für starke Lichtintensitäten, die flachen Schwammzellen die für geringe Intensitäten angemessene Zellform sind. Von diesen Untersuchungen veranlasst, wurden die Sonnen- und Schattenblätter der verschiedenen Holzpflanzen, als deren geeignetstes Beispiel Buchen bekannt sind, von vielen Forschern genauer beobachtet, und die Blätter einer und derselben Pflanze zeigten ähnliche Anpassungen an die Beleuchtung, wie sie nach dem Standorte aufweisen.

Der Zweck dieser Arbeit ist, die Resultate der Beobachtungen zu berichten, wie diese Verhältnisse an unseren Bäumen in einheimischem Klima sich zeigen, und zu untersuchen, ob die von NORDHAUSEN¹⁾ gefundenen Nachwirkungserscheinungen von Sonnen- und Schattenknospen auch bei unseren Holzpflanzen allgemeine Gültigkeit haben. Bei Kryptogamen sind viele Farne und Lebermoose als beste Beispiele bekannt²⁾; da ich aber beide an ein und demselben Individuum sammeln wollte, so war ich genötigt, das Material in Bäumen zu suchen, weil die Pflanzen gut belaubt sein müssen, um an sich selbst Schatten zu bilden. Das Material stammt ausnahmslos aus dem botanischen Garten der Kaiserlichen Universität zu Tokyo.

An dieser Stelle sage ich Herrn Prof. Dr. MIYOSHI, durch dessen freundliche Leitung ich meine Untersuchung ausführen konnte, meinen verbindlichsten Dank.

II. Äussere Merkmale.

Im allgemeinen unterscheiden sich die Schattenblätter von

1) NORDHAUSEN—Über Sonnen- u. Schattenblätter. (Ber. D. Bot. Ges., 1903, Bd. XXI, S. 30 u. ditto, 1912, Bd. XXX, S. 483.)

2) STAHL (II) l. c. S. 11; ARESCHOUG (Bot. Jahresb., 1897, Bd. XXV, 1, S. 443.)

den Sonnenblättern einer und derselben Pflanze äusserlich durch stärkere Glätte, Dunkelfärbung und geringere Dicke, während die Sonnenblätter braun- oder gelbgrün gefärbt und lederartig sind; sodass man unzweifelhaft die eine von der anderen Form leicht unterscheiden kann, wie z. B. bei *Pasania glabra*, *Thea japonica*, *Fatsia japonica*, *Taxus baccata* subsp. *cuspidata* etc. An einigen Bäumen dagegen, z. B. bei *Magnolia Kobus*, *Corylus rostrata*, *Illicium Anisatum* etc. sind die Sonnenblätter viel glätter und dunkler als die Schattenblätter. Bei *Cinnamomum Camphora* ist es nicht leicht beide ohne weiteres zu unterscheiden.

Die Dunkelfärbung der Schattenblätter ist durch die Farben der Chlorophyllkörner bedingt, und zwar sind bei Schattenblättern die Chlorophylle tiefgrün gefärbt, während sie bei Sonnenblättern wegen der starken Beleuchtung meist zerstört und gelbgrün sind (Fig. 4, a, b). Häufig sind die Sonnenblätter mit dichteren Haaren bedeckt als die Schattenblätter, z. B. bei *Tilia Miqueliana*, *Elaeagnus macrophylla*. Auch bei Knospen oder bei den jüngsten Blättern (besonders im Herbst) von *Cornus controversa* kann man die im Schatten stehenden von den in der Sonne wachsenden dadurch unterscheiden, dass die Knospenschuppen und die jungen Blätter der Sonnensprossen sehr rot gefärbt sind, aber die im Schatten gar nicht. Gehen wir nun zu der Betrachtung der Flächengestalt über.

Je nach der Beleuchtung nehmen die Blätter verschiedene Stellungen an, um zu starke Insolation zu vermeiden oder volleres Licht zu empfangen.¹⁾

An unseren Laubbäumen kann man die Vertikalstellung des

1) Über die Blattstellungen der Tropengewächse siehe JOHOW (Jahrb. f. wiss. Bot., B.I. XV, S. 288); und über die Blattlage an verschiedenen Standorten vgl. STAHL (II, l. c. S. 25.)

Blattes, aufrecht oder überhängend, nicht sehen; die Sonnenblätter nehmen immer Schrägstellung gegen die Vertikale, und zwar bei *Ilex integra*, *Taonabo japonica* aufwärts und bei *Quercus*arten, *Thea japonica* etc. abwärts; sie zeigen nämlich ganz das Verhalten der panphotometrischen Spreiten WIESNERS.¹⁾ Im Schatten nehmen die Blätter nicht eine bestimmte Lage an, wohl aber stellen sie ihre Oberfläche senkrecht zur Richtung des stärksten diffusen Lichtes und gehören zu WIESNER's euphotometrischen Blättern.²⁾

Die Erscheinung, welche STAHL bei Fichte und Weisstanne an hellen und beschatteten Standorten beobachtete, kann man auch bei jedem Individuum von *Taxus baccata* subsp. *cuspidata* klar bemerken, und zwar stehen seine Sonnenblätter rings herum von den Axen ab, während die Schattenblätter sich scheiteln.

Jonow teilte viele Beispiele von Beugungen und Faltungen der Spreite tropischer Gewächse an sonnigen Standorten mit; wenn diese Erscheinungen auch nicht so ausgezeichnet bei unseren Laubbäumen sind, so kann ich als Beispiele der Beugungen doch auf *Pasania glabra*, *Magnolia Kobus* und *Tilia Miqueliana* hinweisen, deren Sonnenblattspreite sich mulden- oder schalenförmig nach oben beugt; bei ihren Schattenblättern aber sind die Spreiten eben ausgebreitet, um das spärliche Licht so reichlich als möglich empfangen zu können.³⁾ Die Einrollung des Blattrandes nach unten sehen wir beim Sonnenblatt von *Thea japonica*, *Pittosporum Tobira*, deren Schattenblatt aber ungefähr flach aus-

1) WIESNER—Über die Formen der Anpassung des Laubblattes an die Lichtstärke. (Biol. Centralbl., Bd. XIX. 1899, S. 1.)

2) CZAPEK (Östr. B. Z., Bd. XLVIII, 1898, S. 369) beobachtete an *Cirsium eriophorum*, die an sonnigen Standorten wuchsen, den interessanten Fall, dass ihre Sonnenblätter zwei vertikal kammartig aufrecht stehende Reihen von Fiederabschnitten aufweisen, während an Schattenblättern alle Fiederabschnitte transversal gestellt waren.

3) Vgl. WIESNER, l. c. und GAULHOFER (Ber. D. Bot. Ges., Bd. XXVI, a, 1908, S. 485.)

gebreitet ist. Wir sehen auch den Faltungsunterschied an jungen Blättern von *Cornus controversa*, nämlich ihre jungen Sonnenblätter zeigen bedeutendere Faltungen als die jungen Schattenblätter.

III. Grösse und Dicke.

Das Licht ist auf die Grösse und Dicke des Blattes von grossem Einfluss, die Lichtstärke aber, durch welche die grösste Blattentfaltung veranlasst wird, ist je nach den Arten der Pflanzen sehr verschieden.

SACHS¹⁾ beobachtete schon, dass die Spreiten von Blättern mit Blattstielen gewöhnlich nach allen Dimensionen ihrer Fläche hin im Wachstum zurückbleiben, wenn die Beleuchtung sich vermindert; dass es aber in manchen Fällen scheint, als ob mit zunehmender Lichtintensität zuerst eine Steigerung des Flächenwachstums einträte und bei einem gewissen Helligkeitsgrade ein Maximum erreicht sei, um mit noch weiter gesteigerter Helligkeit eine Abnahme der Flächenbildung folgen zu lassen.²⁾

PICK³⁾ hat auf diesen Ausspruch von SACHS sich berufend aus seiner Untersuchung geschlossen, dass das Wachstum der Schattenblätter nach allen Dimensionen zurückbleibe.

DUFOUR⁴⁾ hat dies auch bestätigt, und zwar beobachtete er, dass die dem vollen Sonnenlicht ausgesetzten Pflanzen sich in allen ihren Teilen kräftiger entwickeln als schwach beleuchtete sowohl Umfang als Dicke der Blätter sollen bei jenen beträchtlicher sein. STAHL'S Beobachtung nach übertrafen aber alle Schatten-

1) Ich zitiere aus STAHL l. c. S. 24.

2) Vgl. WIESNER (Bot. Centralbl., Bd. LV, 1893, S. 18.)

3) PICK (Bot. Centralbl., Bd. XI, 1882, No. 11-12.)

4) DUFOUR (Bot. Jahresb., Bd. XV, 1887, I, S. 221, 565.)

blätter die Sonnenblätter derselben Art an Grösse, und so schliesst er: Blattgrösse und Blattdicke sind bis zu einem gewissen Grade umgekehrt proportional. Nach den Beobachtungen anderer Forscher, JOHOW,¹⁾ M'LLROY²⁾ und LINSBAUER,³⁾ waren Sonnenblätter stets kleiner als Schattenblätter, wie bei STAHL.

BURGERSTEIN⁴⁾ hat jedoch bei *Alnus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Acer*, *Syringa*, *Corylus* und *Tilia* das umgekehrte Resultat erhalten, und er schliesst: „Ich habe damit die Beobachtungen von PICK und von DUFOUR verifiziert, und es kann die Angabe von STAHL und von JOHOW, dass Sonnenblätter kleiner als Schattenblätter wären, nur für besondere Fälle richtig sein.“

Ich habe vergleichende Messungen der Spreitengrösse bei Sonnen- und Schattenblättern von verschiedenen Holzpflanzen vorgenommen und das folgende durchschnittliche Resultat erhalten; hierbei wurden jedesmal alle voll entwickelten Blätter von Sonnen- resp. Schattenzweigen desselben Individuums verglichen.

1) l. c., f. 304.

2) M'LLROY (Bot. Jahresb., Bd. XXXIV, II, 1906, S. 485.)

3) LINSBAUER (Beih. z. Bot. Centralbl.) Bd. X, 1901, S. 53.)

4) BURGERSTEIN—Die Transpiration der Pflanzen (Jena, 1904, S. 54).

	Pflanzen	Sonnenbl.		Schattenbl.	
		Länge cm	Breite cm	Länge cm	Breite cm
Immergrün	<i>Pasania glabra</i>	13.0	4.0	18.4	6.0
		38.5 qcm		63.0 qcm	
	<i>Thea japonica</i>	9.0	3.4	10.8	4.2
		16.8 qcm		20.9 qcm	
	<i>Quercus vibrayeana</i>	10.1	2.6	11.2	3.2
	<i>Cinnamomum</i>	8.7		9.7	
	<i>Camphora</i>	8.4		12.5	
	<i>Myrica rubra</i>	5.0		7.8	
	<i>Taonabo japonica</i>	8.7		10.8	
	<i>Illicium Anisatum</i>	11.4		12.7	
	<i>Ilex latifolia</i>	8.5		9.4	
	<i>Michelia compressa</i>	2.1		3.0	
Sommergrün	<i>Taxus baccata</i> subsp. <i>cuspidata</i>				
	<i>Tilia Miqueliana</i>	7.4		8.4	
	<i>Magnolia Kobus</i>	10.8		9.7	
		42.0 qcm		25.0 qcm	
	<i>Castanea sativa</i>	14.8		11.8	
	<i>Euptelaea polyandra</i>	17.9		17.5	
	<i>Acer palmatum</i>	4.3		3.9	

Wie obige Tabelle zeigt, waren die Sonnenblätter bei immergrünen Bäumen stets kleiner als die Schattenblätter, während es bei den sommergrünen, mit Ausnahme von *Tilia*, gerade umgekehrt war.

Diejenigen Bäume, welche mehr Schatten vertragen können, haben eine dichtere Krone; im allgemeinen sind bei solchen Pflanzen die Sonnenblätter, meiner Ansicht nach, kleiner als die Schattenblätter. Dagegen sind bei denjenigen Lichtbäumen, deren Ansprüche auf Beleuchtung gross sind und die daher eine dünnere

Krone haben, so dass sie an sich keine tiefen Schatten bilden, die Schattenblätter kleiner als die Sonnenblätter.¹⁾ Als ein typisches Exemplar des ersteren Falles in unserem bot. Garten



Fig. 1. *Myrica rubra*: rechts—Sonnen-, links - Schattenblätter.



Fig. 2. *Pasania glabra*: rechts—Sonnen-, links—Schattenblätter.

1) Was die Blattstiellänge anbetrifft, so fand ich, dass sie bei Sonnenblättern stets länger als bei Schattenblättern waren.

	Stiellänge in cm	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Tilia</i>	3.16	2.87
<i>Castanea</i>	1.43	0.66
<i>Cinnamomum</i>	2.31	2.19

empfehle ich *Pasania glabra*, deren Sonnenblätter sich von den Schattenblättern sowohl an Grösse als an Aussehen bedeutend unterscheiden (Flächenverhältnis von Sonnenblättern zu Schattenblättern betrug 1:1,64) (Fig. 2): als Beispiel des letzteren kann *Magnolia Kobus* dienen, deren Grössenverhältnis zwischen Sonnen- und Schattenformen mit ersteren umgekehrt ist (Flächenverhältnis betrug 1,68:1), und deren Blätter im Aussehen so verschieden sind, dass man die Schattenformen sogar für eine andere Art halten könnte (Fig. 3).



Fig. 3. *Magnolia Kobus*: rechts—Sonnen-, links—Schattenblätter.

Welche Faktoren auf die Flächenausdehnung des Blattes von Einfluss sind, ist wenig bekannt, jedoch ist es zweifellos, dass das Licht und die Feuchtigkeit die Hauptrolle spielen¹⁾; der Wassergehalt des Bodens kann nicht in Betracht kommen, da diese Differenzierung schon bei einer und derselben Pflanze eintritt.

1) Vgl. STAHL l.c., S. 19, 34; WIESNER (Bot. Centralbl. l. c.) und (Ber. d. Bot. Ges. Bd. 12, 1894, S. 51.)

DUFOUR¹⁾ hat die mit starker Beleuchtung verbundene Trockenheit als Grund der reduzierten Blattgrösse betrachtet. KOHL²⁾ beobachtete auch bei *Tropaeolum majus*, dass die Pflanzen in trockener Atmosphäre radial und in feuchter Atmosphäre tangential gestreckte Epidermiszellen erhalten. Es ist aber nicht ganz klar, warum diese Faktoren auf die Grösse und die Dicke des Blattes grossen Einfluss ausüben³⁾; jedoch ist es Tatsache, dass schwächere Beleuchtung die Flächenvergrösserung des Blattgewebes hervorruft, während bei intensiver Beleuchtung die Zellen, insbesondere die Palisadenzellen, sich longitudinal zu strecken bestreben; was dadurch bestätigt werden kann, dass man die Epidermiszellen oder die Palisadenzellen von Sonnenblättern resp. Schattenblättern pro qmm zählt. Demnach habe ich das folgende Resultat erhalten.

Pflanzen	Zahl der Epidermiszellen pro qmm.	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Magnolia Kobus</i>	767	517
<i>Fatsia japonica</i>	1504	1418
<i>Pasania glabra</i>	3263	2725
	Palisadenzellen	
<i>Thea japonica</i>	405	324

Wie die Tabelle zeigt, ist die Epidermis- oder Palisadenzelle von Schattenblättern in Flächenansicht grösser als die von Sonnen-

1) l c., S. 221.

2) KOHL (Bot. Jahresb., Bd. XIV, 1886, S. 42, 932.)

3) GOEBEL (Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen, 1908) behauptet, dass an trocknen, stark beleuchteten Standorten durch die Transpiration und die damit eintretende relative Wasserarmut das Wachstum des Blattes gehemmt werde; in dieser Hinsicht aber ist es schwierig, den Fall der grösseren Entwicklung des Sonnenblattes von z. B. *Magnolia Kobus* zu erklären.

blättern, sogar wenn die ersteren kleiner als die letzteren sind, wie bei *Magnolia* (Fig. 5, a, b); diese Angabe widerspricht also deutlich der von DUFOUR, nach der die Ausdehnung der Epidermiszellen sowohl parallel als auch senkrecht zur Oberfläche des Blattes mit der Stärke der Beleuchtung zunehme. Nicht nur in der Grösse, sondern auch in den Formen der Seitenwände der Epidermiszellen gibt es einen bedeutenden Unterschied; ich habe auffallende Wellungen an den Seitenwänden von *Magnolia* bemerkt, während sie bei Sonnenblättern nur wenig gewellt waren¹⁾ (Fig. 5).

Die Befunde von STAHL²⁾ und von PICK³⁾, nach welchen an sonnigen Standorten dickere Blätter ausgebildet werden als an schattigen, wurden auch von JOHOW⁴⁾, DUFOUR⁵⁾, GÉNEAU⁶⁾, MANGILI⁷⁾, LINSBAUER⁸⁾, HESSELMAN⁹⁾, KRATZMANN¹⁰⁾, L. KNY¹¹⁾ etc. bestätigt. Dasselbe gilt auch nach meiner Beobachtung ausnahmslos bei allen untersuchten Holzpflanzen, wie die Tabelle zeigt.

1) DUFOUR beobachtete, dass die Seitenwände der Oberhautzellen einen um so stärker gewellten Verlauf haben, je schwächer die Beleuchtung war, die Wellungen daher an den Epidermiszellen der Blattunterseite stärker als an denen der Oberseite seien. An Farnen hat auch ARESCHOUG (l.c.) diese Tatsache beobachtet.

2) 3) 4) 5) 8) l. c.

6) GÉNEAU (Bot. Centralbl., Bd. LIV, 1893, S. 19.)

7) MANGILI (Bot. Jahresb., Bd. XXXIII, 1905, Abt. III, S. 102.)

9) HESSELMAN (Beih. z. Bot. Centralbl., Bd. XVIII, 1904, S. 404.)

10) KRATZMANN:—Sonnen- und Schattenblätter bei *Asarum europaeum*, L. (Österr. Bot. Zeitschrift., LXIV. Heft 5. S. 169–174. Mai 1914.)

11) KNY (Text zu den Bot. Wandtafeln, CXIII. u. CXIV, Berlin, 1909.)

Pflanzennamen	Blattdicke ¹⁾ in μ	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Pasania glabra</i>	333	236
<i>Thea japonica</i>	469	362
<i>Quercus vibrayeana</i>	196	170
<i>Fatsia japonica</i>	388	237
<i>Cornus controversa</i>	147	118
<i>Tilia Miqueliana</i>	217	167
<i>Castanea sativa</i>	171	96
<i>Corylus rostrata</i> v. <i>Sieboldiana</i>	176	144
<i>Cinnamomum Camphora</i>	215	185
<i>Magnolia Kobus</i>	198	108
<i>Euptelea polyandra</i>	125	100
<i>Acer palmatum</i>	105	77
<i>Ilex latifolia</i>	401	285
<i>Michelia compressa</i>	360	269
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	303	244
<i>Pittosporum Tobira</i>	458	312
<i>Illicium Anisatum</i>	451	346
<i>Tuonabo japonica</i>	572	440
<i>Myrica rubra</i>	280	142
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	488	271
<i>Trochodendron aralioides</i>	358	339
<i>Phyllostachys puberula</i>	95	76

Die Dünnhheit der Schattenblätter ist auch wohl dadurch zu beweisen, dass man das Gewicht von Sonnen- u. Schattenblättern von gleicher Grösse miteinander vergleicht.

1) Unter Blattdicke verstehe ich den Durchmesser des Blattes an solchen Stellen, wo zwischen den beiderseitigen Epidermen nur Assimilationsgewebe entwickelt ist; ich habe sie stets an dem Mittelteile des Blattes gemessen.

Pflanzen	Frischgewicht gleichgrosser Blätter in g.	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Fatsia</i> (ohne Stiele)	41.50	27.00
<i>Cornus</i>	0.98	0.83
<i>Magnolia</i>	0.85	0.55

Wenn wir aber das durchschnittliche Gewicht der Schattenblätter mit dem der Sonnenblätter vergleichen, so sieht man, dass die Gewichtsunterschiede zwischen den beiden bei denjenigen Pflanzen, deren Schattenblätter grösser als die Sonnenblätter sind, wenig gross sind, während sie bei denen, deren erstere kleiner als letztere sind, bedeutend sind.

Pflanzen	Frischgewicht in g.	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Pasania</i>	1.52	1.69
<i>Thea</i>	0.71	1.78
<i>Quercus</i>	0.32	0.35
<i>Tilia</i>	0.74	0.60
<i>Cinnamomum</i>	0.33	0.32
<i>Castanea</i>	0.79	0.39
<i>Magnolia</i>	0.68	0.36

Biologisch betrachtet muss die Dünnhheit des Schattenblattes günstig sein, weil es immer unter der diffusen schwachen Beleuchtung zu assimilieren genötigt ist. Durch Untersuchungen über die Durchleuchtung von Laubblättern hat LINSBAUER gefunden, dass in den meisten Fällen die Schattenblätter einer Pflanze durchsichtiger sind als die zugehörigen Sonnenblätter; dass das

transparenteste Sonnenblatt noch immer dreimal weniger Licht durchliess, als das undurchsichtigste Schattenblatt.

Es ist also wohl anzunehmen, dass die Dünneheit des Schattenblattes durch Ausdehnung der Zellen der Oberhaut und des Grundgewebes in tangentialer Richtung bei schwächerer Beleuchtung und durch geringere Streckung des Palisadenparenchyms verursacht wird.

IV. Anatomische Merkmale.

Über die anatomischen Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenblättern haben schon STAHL, JOHOW, DUFOUR, LINSBAUER, MANGILI und HESSELMAN eingehend geschrieben, und die von diesen Autoren geschilderten Hauptpunkte bestehen darin, dass der Bau des Sonnen- von dem des Schattenblattes sich am auffallendsten durch die stärkere Ausbildung des Palisadengewebes unterscheidet, welches dichter gebaut und eine geringere Menge Interzellularräume aufweist, während es an dem Schattenblatte schwach gestreckt ist oder zu keiner deutlichen Entwicklung kommt; und ferner, dass die Aussenwand der Epidermiszelle bei den Sonnenblättern stark entwickelt ist. Ein treffliches Beispiel für dieses Verhalten in unseren Holzpflanzen bietet *Magnolia Kobus*, bei deren Schattenblättern die Palisadenzellen sich von den Schwammzellen nicht unterscheiden lassen (Fig. 7). Auch enthalten die Schattenblätter des genannten Baums selbst in den oberen Epidermiszellen nur wenige Chlorophyllkörner, bei Sonnenblättern aber ist das nur auf die unteren Epidermiszellen beschränkt.¹⁾ Im Sonnenblatt von *Tilia Miqueliana* sind die

1) Vgl. Stöhr (Bot. Ztg., Bd. XXXVII, S. 581.) und HABERLANDT (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XIII, 1882, S. 170.)

Oberepidermiszellen hie und da zweischichtig geteilt, während beim Schattenblatt die Oberhaut von einer einfachen Zelllage gebildet ist.

Bei anderen Holzpflanzen, ausser den oben genannten, gibt es keinen spezifischen Unterschied zwischen Sonnen- und Schattenblatt, und zwar unterscheiden sich erstere von letzteren nur durch das dichtere wohlentwickelte Palisadenparenchym (öfters mehr Zellagen) und dickere Aussenwände der Epidermis, wie die untenstehende Tabelle zeigt.

Pflanzen		Aussenwand der oberen Epid. μ	Ober. Epid. μ	Palisaden. μ	Schwamm- parenchym. μ	Untere Epid. μ	Aussenwand der unter. Epid. μ
<i>Pasania</i>	1) Sonnenbl.	7	24	127(3)	148	22	5
	2) Schattenbl.	5	22	54(2)	132	19	4
<i>Thea</i>	1)	7	19	166	258	12	7
	2)	6	11	81	247	12	5
<i>Quercus</i>	1)	4	19	80	74	15	4
	2)	4	18	67	68	10	3
<i>Fatsia</i>	1)	6	15	132(3)	220	11	4
	2)	4	14	60(2)	144	12	3
<i>Cornus</i>	1)	4	10	70	51	10	2
	2)	2	11	38	50	15	2
<i>Tilia</i>	1)	4	21	77	102	11	2
	2)	3	17	60	73	12	2
<i>Castanea</i>	1)	4	18	68(2)	70	10	1
	2)	3	10	25(1)	50	7	1
<i>Corylus</i>	1)	2	11	58	139	9	1
	2)	2	11	31	90	9	1
<i>Cinnamomum</i>	1)	5	21	112	60	12	5
	2)	5	20	84	63	10	3
<i>Magnolia</i>	1)	4	11	65(2)	102	13	3
	2)	2	13	82	nicht zu trennen	10	1

1) Alle Messungen wurden in der Mitte des Blattes genommen.

2) Die Nummern bedeuten die Zahlen der Zellschichten.

Pflanzen		Aussenwand der oberen Epid. μ	Obere Epid. μ	Palisaden. μ	Schwamm- parenchym. μ	Untere Epid. μ	Aussenwand der unter. Epid. μ
<i>Euptelaea</i>	1)	3	19	34	54	13	2
	2)	3	14	17	53	11	2
<i>Acer</i>	1)	3	12	35	45	9	1
	2)	3	14	25	28	6	1
<i>Ilex</i>	1)	9	22	150	193	17	9
	2)	8	25	88	143	14	8
<i>Michelia</i>	1)	9	25	140	170	12	4
	2)	6	22	101	126	10	4
<i>Elacagnus</i>	1)	6	23	98	166	8	2
	2)	4	23	75	130	10	2
<i>Pittosporum</i>	1)	17	33	158	222	12	16
	2)	12	30	82	163	12	13
<i>Illicium</i>	1)	8	16	162	243	17	5
	2)	5	20	93	200	23	5
<i>Tuomabo</i>	1)	8	35	132(2)	377	16	4
	2)	6	35	40(1)	338	17	4
<i>Myrica</i>	1)	7	18	100(2)	132	10	5
	2)	3	12	20(1)	95	5	3
<i>Daphniphyllum</i>	1)	10	26	277	152	14	4
	2)	4	18	90	139	10	5
<i>Trochodendron</i>	1)	4	27	118	197	12	6
	2)	3	19	92	200	12	4

Aus dieser Tabelle geht deutlich hervor, dass die Aussenwände der Ober- und Unterepidermiszellen bei den Sonnenblättern der meisten Pflanzen dicker als bei den Schattenblättern derselben Pflanzen sind, während die Palisadenzellen bei Sonnenblättern stets stärker entwickelt und mehr Zelllagen besitzen als bei Schattenblättern. In den Schattenblättern aber ist nicht nur die auffallend schwächere Ausbildung des Palisadengewebes, sondern auch gar keine absolute Zunahme oder sogar eine geringe Abnahme beobachtet worden. Die Epidermiszellen der Sonnenblätter sind bei

den meisten Pflanzen höher als die der Schattenblätter.¹⁾

Nun ist es nicht überflüssig zu überlegen, warum solche anatomische Unterschiede zwischen beiden Formen entstehen. Die stärkere Entwicklung der Aussenwände der Epidermis kann deutlich als Schutz gegen zu starke Verdunstung angesehen werden. Nach KOHL'S Untersuchung hat der Wassergehalt der Luft grossen Einfluss auf die Entwicklung der Kutikula und der Aussenwände der Epidermiszellen des Blattes; er fand bei *Tropaeolum majus*, dass in trockener Atmosphäre das Blatt der Pflanzen dicke Kutikula, Epidermiszellen mit verdickten Aussenwänden, in feuchter Atmosphäre dagegen dünne Kutikula, Epidermiszellen mit dünnen Aussenwänden zeigt. Da aber der Wassergehalt der Luft zwischen den beschatteten und den besonnten Seiten einer und derselben Pflanze keine grosse Differenz zeigen kann, so muss die Entwicklung der Aussenwände durch die Differenz der von dem Besonnungsunterschied herbeigeführten Transpirationsgrösse bedingt werden.

Was den Einfluss der äusseren Bedingungen auf das Assimilationsgewebe anbelangt, so haben viele Autoren diesen von verschiedenen Standpunkten betrachtet.²⁾ STAHL hat die Intensität der Beleuchtung berücksichtigt und beobachtet, dass an sonnigen trockenen Standorten die Palisadenzellen ihre grösste Länge erreichen, wobei ihre Lumen zugleich am engsten werden.³⁾ ARESCHOU⁴⁾ betrachtet den Feuchtigkeitsgrad des Standortes als

1) Über den Unterschied zwischen Sonnen- und Schattenblättern bezüglich Anpassung an die Lichtperzeption siehe ALBRECHT (Ber. D. Bot. Ges., Bd. XXVI a, 1908, S. 182-191) und GAULHOFER, (ebenda, S. 484.)

2) Vgl. PICK, l.c.; RAUNKIAER (Bot. Jahresb., Bd. XXXIV, 2, 1906, S. 483); GROSGLIK (Bot. Centralbl., Bd. XX, 1884; S. 374); HABERLANDT (Ber. D. Bot. Ges., Bd. IV, 1886, S. 223); EBERDT (Ber. D. B. Ges., Bd. VI, 1888, S. 260.)

3) STAHL, l.c.; und Vgl. SBUROSH (Bot. Jahresb., Bd. XX, 1, 1892, S. 95.)

4) ARESCHOU (ENGLERS Bot. Jahrb., Bd. II, 1882, S. 511; Flora, Bd. XCVI, 1906, S. 329-336.)

das Hauptagens; er beobachtete, dass in trockenen Klimaten bzw. an trockenen Standorten das Palisadenparenchym sich am stärksten entwickelt, während das Schwammparenchym bei Pflanzen feuchter Klimate starke Ausbildung zeigt. Auch LESAGE¹⁾ hat ähnliche Beobachtungen wie Areschoug gemacht, nach welchen das Palisadengewebe, wenn die äusseren Bedingungen für die Transpiration günstig sind, oder wenn die Wasserabsorption erschwert wird, sich stärker entwickelt; daher schliesst er, dass das Palisadengewebe einer Pflanze der Apparat ist, welcher gegen zu starke Transpiration schützt. KOHL fand, dass das Assimilationsgewebe des Blattes von *Tropaeolum* um so mehr das Bestreben hat, sich radial zu strecken und lückenlos an einander zu schliessen, je stärker die Transpiration des betreffenden Organs ist; dass dagegen eine verminderte Transpiration meist eine tangentielle Streckung und Vacuumbildung im Gefolge hat.

Es ist wahrscheinlich, dass das Palisadengewebe, wenn es stark entwickelt ist und aus dicht vereinigten Zellen besteht, die Transpiration mehr oder weniger herabzusetzen vermag; und wir wissen aus den Untersuchungen der genannten Forscher, dass die stärkere Entwicklung des Palisadengewebes der Sonnenblätter hauptsächlich durch ihre bedeutendere Verdunstung verursacht wird.²⁾

Um die Grösse der Interzellularräume der Sonnen- und Schattenblätter zu vergleichen, verwandte ich die von STAHL angewendete hydrostatische Methode UNGERS; zu meinen Versuchen wurden nur Holzpflanzen verwendet, welche wohl differenzierte Sonnen- resp. Schattenblätter besitzen.

1) LESAGE (Bot. Jahresb., Bd. XXII, 1, 1894, S. 220).

2) Vgl. auch GRIFFON (Bot. Jahresb., Bd. XXI, 2, 1903, S. 551); RYWSCH (Ber. D. Bot. Ges., Bd. XXV, 1907, S. 196, 201); HESSELMAN. l.c.

Pflanzen		Blattvolum cem	Grösse der Inter- zellularräume cem	% d. Int.-räume zu Blattvolum
<i>Magnolia</i>	{ Sonnenbl.	1.16	0.16	13.4
	{ Schattenbl.	0.58	0.11	19.0
<i>Fatsia</i> ¹⁾	{ Sonnenbl.	4.34	0.82	18.9
	{ Schattenbl.	3.22	0.92	28.8
<i>Pasania</i>	{ Sonnenbl.	2.06	0.32	15.6
	{ Schattenbl.	2.41	0.42	17.6

V. Transpirationsgrösse.

Die Vergleichung der Transpirationsgrösse von Sonnen- und Schattenblättern ist schon von vielen Forschern unternommen worden; an ihren natürlichen Standorten ist es wohl begreiflich, dass Sonnenblätter mehr als Schattenblätter verdunsten. HESSELMAN sowie auch RYWOSCH fanden, dass die Verdunstung der Sonnenblätter in der Sonne im Vergleich mit der der Schattenblätter im Schatten drei- bis acht-, sogar zehnmal grösser war. Man kann aber bloss aus der Verschiedenheit des vorher erwähnten anatomischen Baues sofort schliessen, dass das Schattenblatt unter denselben Bedingungen mehr transpiriert als das Sonnenblatt, weil das erstere schwächeres Palisadengewebe, dünnere Aussenwände und grössere Interzellularräume als das letztere besitzt, und da auch die Schattenblätter ausserdem noch viel dünner sind als die Sonnenblätter, so dass sie (wie STAHL sagt) bei gleichem Gesamtvolumen eine viel grössere, zugleich auch dünnhäutigere Oberfläche bieten. STAHL zitiert hierauf die Angaben von HÖHNEL und sagt: „So begreift man leicht warum, wie v. HÖHNEL nachgewiesen hat, unter sonst gleichen Beding-

1) Nur ein Teil des Blattes wurde verwendet.

ungen die Schattenblätter viel mehr transpirieren als die Sonnenblätter." Wenn GÉNEAU gefunden hat, dass sich in allen Fällen (mit Ausnahme von *Ampelopsis*) ein rascher Wasserverlust bei den Sonnenblättern ergab, so sagt BURGERSTEIN: „Dieser Befund von GÉNEAU ist überraschend etc."

Vergleicht man aber unter gleichen Bedingungen ihre Transpirationsgrösse, so wird man finden, dass die von gleicher Oberfläche transpirierte Wassermenge für Sonnenblätter grösser als für Schattenblätter ist, wie GÉNEAU sowie HESSELMAN gefunden haben. Auch BERGEN¹⁾ fand, dass unter normalen Bedingungen (die Sonnenbl. voll belichtet, die Schattenbl. beschattet) die Sonnenblätter der Versuchspflanzen drei- bis zehnmal so stark transpirierten als die Schattenblätter; und wenn beide Blattarten unter abnormalen Bedingungen (beide Blattarten im vollen Sonnenlicht oder im Schatten) gehalten wurden, so transpirierten die Sonnenblätter durchschnittlich etwa $1\frac{1}{2}$ mal so stark als die Schattenblätter.

Ich habe die durch Sonnen- resp. Schattensprossen aufgenommene Wassermenge mittelst Potometer unter diffusem Licht im Zimmer gemessen. Obgleich sie mit der transpirierten Menge nicht ganz übereinstimmen mag, so sind die Resultate doch ausreichend, um die relative Transpirationsgrösse für die Sprossen desselben Individuums zu ermitteln. Zum Versuch wurden Zweige von vier Species, d. h. *Pasania glabra*, *Magnolia Kobus*, *Fatsia japonica* und *Thea japonica*, welche die beste Differenzierung beider Formen darstellen, verwendet. Die grösste Differenz fand ich bei *Magnolia Kobus*; das Verhältnis der aufgenommenen Wassermenge pro qdm der Blattfläche der Sonnensprossen zu derjenigen der Schattensprossen war 2.8 zu 1.0 (während 47 Stunden).

1) BERGEN (Bot. Jahresb., Bd. XXXII, 2. 1904, S. 603.)

(1) *Thea japonica*

Versuchszeit		Temp. in C°	Relative Feuchtigk. d. Luft	Wasseraufnahme pro qdm in cem	
Tag	Uhr			Sonnenbl.	Schattenbl.
Sept. 2	9 a. m.	29	70	0	0
(heiter)	10 „	30	64	0.21	0.13
Verhält.				1.6	1.0

(2) *Pasania glabra*

Versuchszeit		Temp. in C°	Rel. Feuch. d. Luft	Wasseraufnahme pro qdm. in cem	
Tag	Uhr			Sonnenbl.	Schattenbl.
Oct. 10 (bewölkt)	12	21.5	75.5	0	0
	1 p.m.	22.0	77.0	0.25	0.16
	2			0.20	0.11
	3			0.19	0.13
	4	21.0	80.0	0.15	0.08
11 (Regen)	9 a.m.	19.5	82.0	1.04	0.56
	10			0.10	0.03
	11			0.14	0.05
	12	19.5	84.5	0.12	0.03
	1 p.m.			0.09	0.02
	2			0.07	0.02
	3			0.05	0.02
	4	19.2	87.0	0.03	0.02
12 (Regen)	9 a.m.			0.53	0.30
	10	18.5	88.0	0.07	0.02
	11			0.09	0.02
Summe	47 Stunden			3.10	1.55
Verhält.				2.0	1.0

(3) *Magnolia Kobus*

Versuchszeit		Temp. in C°	Rel. Feuch. d. Luft	Wasseraufnahme pro qdm in ccm	
Tag	Uhr			Sonnenbl.	Schattenbl.
Oct. 8 (bewölkt)	10 a.m.	19.5	74	0	0
	11			0.23	0.10
	12			0.20	0.10
	1 p.m.	20	78	0.18	0.09
	2			0.14	0.05
	3			0.13	0.06
	4	20.5	82.5	0.13	0.04
9 (Regen)	9 a.m.	20	83	1.68	0.59
	10			0.10	0.02
	11			0.09	0.02
	12	21	87	0.12	0.02
	1 p.m.			0.13	0.04
	2			0.12	0.02
	3	22.5	88	0.13	0.02
	4	22.6	89	0.10	0.02
10 (bewölkt)	9 a.m.	21.5	81	1.73	0.67
Summe	47 Stunden			5.20	0.84
Verhält.				2.8	1.0

(4) *Fatsia japonica*

Versuchszeit		Temp. in C°	Rel. Feuch. d. Luft	Wasseraufnahme pro qdm in ccm	
Tag	Uhr			Sonnenbl.	Schattenbl.
Oct. 5 (heiter)	3 p.m.	21.5	62	0	0
	4			0.04	0
	5			0	0
6 (heiter)	9 a.m.	19.5	73.5	0.66	0.57
	10			0.11	0.17
	11			0.10	0.16
	12	20.8	68	0.26	0.24
	1 p.m.			0.37	0.33
	2	21.2	60.5	0.47	0.38
	3			0.46	0.37
	4			0.37	0.25
7 (heiter)	9 a.m.	19	73	0.92	0.67
	10			0.22	0.15
Summe	43 Stunden			3.97	3.29
Verhält.				1.2	1.0

Für diese grössere Verdunstung der Sonnenblätter muss daher noch ein anderer Faktor ausser dem vorher geschilderten anatomischen Bau vorhanden sein. Da die Spaltöffnungen für die Transpiration eine grosse Rolle spielen, so habe ich die Zahl und Grösse derselben in Sonnen- resp. Schattenblättern verglichen und gefunden, dass das Verhältniss günstig genug ist, um die Transpirationsgrösse zwischen den beiden Blattarten zu erklären; und zwar waren bei Sonnenblättern die Spaltöffnungen reichlicher

an Zahl für dieselbe Blattfläche,¹⁾ und häufig grösser²⁾ als bei den Schattenblättern desselben Baumes, wie untere Tabelle zeigt (Fig. 6).

Pflanzenamen		Zahl ³⁾ der Stomata		Länge der Stomata in μ
		pro qmm	Verhält	
<i>Magnolia Kobus</i>	Sonnenbl.	738	2.4	22
	Schattenbl.	312	1	21
<i>Fatsia japonica</i>	Sonnenbl.	180	1.65	29
	Schattenbl.	109	1	23
<i>Pasania glabra</i>	Sonnenbl.	288	1.8	31
	Schattenbl.	156	1	29
<i>Thea japonica</i>	Sonnenbl.	290	1.78	
	Schattenbl.	163	1	
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	Sonnenbl.	1,080	1.2	
	Schattenbl.	879	1	
<i>Pittosporum Tobira</i>	Sonnenbl.	188	1.1	
	Schattenbl.	168	1	
<i>Illicium Anisatum</i>	Sonnenbl.	106	1.7	39
	Schattenbl.	62	1	37

1) Vgl. DUFOR, l.c., S. 635, 565; HESSELMAN, l.c., S. 418.

2) Vgl. STRAKOSCH (Bot. Jahresb., Bd. XXXIV, Abt. II, 1906, S. 486.)

3) Diese Werte sind die Mittelzahlen von 3-5 frischen Blättern, und zwar wurden die Schnitte aus verschiedenen Teilen des Blattes gemacht.

Nach den Untersuchungen von IKENO (Structure of evergreen mono- and dicotyledonous leaves—Manuskript!) und AWANO (Journ. of the Coll. of Sc. Imp. Univ. of Tokyo, Vol. XXVII, 1, 1909, 13 ff.) sind deren Zahlen im Vergleich mit den meinigen grösser (ausser *Elaeagnus*) wie unten gezeigt, doch sind diese wahrscheinlich die aus Alkoholmaterial erhaltenen Werte, offenbar von Sonnenblättern.

	Doi (Sonnenbl.)	IKENO	AWANO
<i>Thea</i>	290	293	324
<i>Fatsia</i>	180	182	320
<i>Elaeagnus</i>	1,080	—	820
<i>Pittosporum</i>	188	377	365
<i>Illicium</i>	106	218	156
<i>Taonabo</i>	208	317	306
<i>Myrica</i>	365	400	—

Pflanzennamen		Zahl der Stomata		Länge der Stomata in μ
		pro qmm	Verhält	
<i>Taonabo japonica</i>	Sonnenbl.	208	1.8	
	Schattenbl.	114	1	
<i>Myrica rubra</i>	Sonnenbl.	365	1.86	
	Schattenbl.	344	1	

Vergleicht man die Verhältnisse der Transpirationsgrösse der Sonnenblätter zu den Schattenblättern mit den Verhältnissen der Spaltöffnungszahlen derselben, so wird man etwa ähnliche Werte zwischen ihnen finden, obgleich sie nicht ganz genau übereinstimmen.¹⁾

Pflanzen	Verhältnis d. Transpirationsgrösse	Verhältnis d. Spaltöffnungszahlen
<i>Magnolia</i>	2.8 : 1	2.4 : 1
<i>Fatsia</i>	1.2 : 1	1.65 : 1
<i>Pasania</i>	2.0 : 1	1.8 : 1
<i>Thea</i>	1.6 : 1	1.8 : 1

Warum besitzen dann die Sonnenblätter mehr Spaltöffnungen als die Schattenblätter? Grösserer Reichtum an Spaltöffnungen der Sonnenblätter beweist schon namhaftere Verdunstung als bei den Schattenblättern; und das wird noch sicherer durch folgende Beobachtungen, die von vielen Forschern bestätigt worden sind. ZINGLER,²⁾ CZECH,³⁾ VOLKENS⁴⁾ und TSCHIRCH⁵⁾ haben gefunden, dass mit der wachsenden Trockenheit des Standortes die Zahl der

1) Vgl. BURGERSTEIN, l.c., S. 30.

2) ZINGLER (Jahrb. Wiss. Bot., Bd. IX, 1873, S. 127.)

3) CZECH (Bot. Ztg., Bd. XXVII, 1869, S. 801.)

4) BURGERSTEIN, l.c., S. 210.

5) TSCHIRCH (Bot. Jahresb., Bd. IX, 1, 1881, S. 427.)

Spaltöffnungen abnimmt; und dass solche Pflanzenarten, die nasse Standorte lieben, mehr Spaltöffnungen haben als xerophile Arten derselben Gattung. Wir können annehmen, dass an nassen Orten eine Pflanze *ceteris paribus* mehr als an trockenen transpiriert. Auch DUFOUR fand, dass die Zahl der Spaltöffnungen mit der Intensität der Beleuchtung wächst; natürlich kann man die stärkere Verdunstung einer Pflanze unter intensiverer Beleuchtung vermuten.

Um den Wassergehalt und die Verdunstungsgeschwindigkeit der abgeschnittenen Sonnen- und Schattenblätter zu vergleichen, wog ich die Gewichte der im Zimmer stehen gelassenen beiden Blattarten täglich und erhielt das Ergebnis, dass die Sonnenblätter geringeren Wassergehalt besitzen und langsamer verdunsten, also ihr gleichbleibendes Gewicht später erreichen als die Schattenblätter. Das ist wahrscheinlich, da an abgeschnittenen Blättern sich die Stomata schliessen und nur die Hautgewebe in diesem Falle für die Wasserabnahme eine Hauptrolle spielen.

Pflanzen	Wassergehalt ¹⁾ (Gewichtprozent)	
	Sonnenbl.	Schattenbl.
<i>Thea</i>	51.7	52.1
<i>Fatsia</i> ²⁾	57.3	68.7
<i>Pasania</i>	44.1	48.9
<i>Myrica</i>	45.5	49.6

1) Natürlich ist dabei chemisch- und hyroskopisch gebundenes Wasser nicht berechnet.

2) Nur ein Teil des Blattes wurde verwendet.

VI. Ernährungsverhältnisse.

Gewöhnliche Pflanzen, ausser echten Schattenpflanzen, gedeihen am besten in der Sonne, und zwar finden sich ihre besten Ernährungsorgane in den Sonnenblättern, da bei der Sonne alle Bedingungen günstig sind. Die in der Sonne entwickelten Blätter transpirieren stets lebhafter, wie vorher gesagt, als die Schattenblätter, und daher ist bei ersteren die Zufuhr des Rohsaftes reichlicher und sie erhalten mehr Nährstoffe. Man sieht, dass die Sonnenblätter von *Ilex latifolia*, *Pittosporum Tobira* und einigen Coniferen, wie *Torreya nucifera*, *Pinus Thunbergii*, viele grosse Öltropfen als Speichelsubstanz im Assimilationsgewebe enthalten, während solche bei ihren Schattenblättern klein und gering oder gar nicht vorhanden sind.

Ausserdem vermögen die Sonnenblätter mehr Kohlenstoff unter intensiverer Beleuchtung zu assimilieren; daher sehen wir, dass die Bäume stets nach der helleren Richtung hin mehr austreiben und verzweigen,¹⁾ während im Schatten die Zweige nur wenige kurz wachsende Knospen bilden oder sonst zu Grunde gehen.

Bei Pflanzen, welche dichte Krone haben, sind auch die Schattenblätter an dem Ernährungsvorgang beteiligt, aber unter natürlichen Bedingungen enthalten die Sonnenblätter stets mehr Stärkekörner als die Schattenblätter. Ich habe die Sonnen- und Schattenblätter einiger Holzpflanzen eingesammelt und drei bis fünf Schnitte derselben in starken Alkohol gestellt, bis das

1) Man sieht bei *Cornus controversa*, dass die Sonnenknospen bedeutend wachsen, mehr Blätter entwickeln, und Zweige von zweiter oder dritter Ordnung bilden, während die Schattenknospen nur kurz wachsen und nie verzweigen.

Chlorophyll ganz entfärbt wird, und dann mit Jod-Jodkali und Chlorhydrat mikroskopisch untersucht. Die Schattenblätter aller untersuchten Pflanzen, welche zu Beginn des Herbstes nachmittags eingesammelt wurden, wie *Quercus*, *Pasania*, *Thea*, *Taonabo*, *Pittosporum*, *Myrica*, *Cornus* und *Magnolia*, enthielten sehr geringe oder gar keine Stärkekörner, während die Assimilationsgewebe der Sonnenblätter voll von Stärke waren; die Schattenblätter hören also im Herbst eher zu assimilieren auf als die Sonnenblätter. Im Frühling jedoch fangen auch die Schattenblätter der genannten immergrünen Pflanzen so lebhaft zu assimilieren an, wie die Sonnenblätter und enthalten grosse Mengen Stärke, doch etwas weniger als letztere.

Bei einigen sommergrünen Holzpflanzen, wie *Cornus*, *Magnolia*, enthalten die Schattenblätter stets viel weniger Stärke als die Sonnenblätter; daher wissen wir, dass solche Pflanzen ihre Ernährung weniger auf die Schattenblätter als die Sonnenblätter stützen, welche wegen ungenügender Transpiration arm an Nährstoffen sein müssen.

Die Schattenblätter solcher Pflanzen, die sowohl sonnigen als schattigen Standort ertragen können oder eine dichte Krone haben, sind dem Schatten anatomisch mehr angepasst als die Sonnenblätter; und ausserdem hat LEININGEN¹⁾ an der Buche festgestellt, dass, auf gleiche Flächen berechnet, die Schattenblätter nicht nur mehr Kali als die Lichtblätter enthalten, sondern auch nicht unerheblich mehr Stickstoff, Phosphor- und Schwefelsäure, sowie Chlor, alles Stoffe, die eine erhöhte Lebenstätigkeit anzeigen. Aber wir können daraus nicht schliessen, dass erstere im Schatten auf gleichen Flächen lebhaftere Stoffwechselprozesse,

1) LEININGEN (Bot. Jahresb., Bd. XXXIV, Abt. II, 1903, S. 485.)

besonders Kohlensäureassimilation, als letztere unter denselben Bedingungen zeigen, weil bei gleicher Oberfläche letztere reichlicher an Chlorophyll sind und stärker transpirieren, wie vorher gesagt. Wir müssen uns hierauf die Resultate der Untersuchungen verlassen. GÉNEAU¹⁾ hat gefunden, dass überall die verschiedenen Stoffwechselprozesse bei gleicher Oberfläche sich energischer in den Sonnenblättern zeigten als in den Schattenblättern, wenn erstere den gleichen Bedingungen unterworfen wurden wie letztere; auf Trockensubstanz berechnet aber fand MÜLLER,²⁾ dass bei *Sambucus nigra* und *Juglans regia* die Schattenblätter die Sonnenblätter im Schatten durch eine mehr als doppelt so hohe Assimilationsgrösse übertreffen. MÜLLER schreibt die lebhaftere Assimilationsenergie des Schattenblattes im diffusen Lichte seiner geringeren Dicke zu; aber wie LUBIMENKOS³⁾ neue Untersuchung zeigt, könne das Chlorophyll des Schattenblattes konzentrierter als das des Sonnenblattes sein; ferner sind die Chlorophyllkörner der Schattenblätter einiger Bäume, wie *Thea*, *Fatsia*, etwas grösser als die der Sonnenblätter.

VII. Entwicklungsgeschichte.

Wie vorher geschildert, übt das Licht⁴⁾ mittelbar oder unmittelbar auf Grösse, Dicke und innere Struktur des Blattes einen grossen Einfluss aus, und daher wird auch die Differenzierung der Sonnen- und Schattenblätter während der Entwicklung des Blattes überhaupt meist durch die Beleuchtung bedingt.⁵⁾

1) GÉNEAU (l.c.)

2) MÜLLER (Jahrb. Wiss. Bot., Bd. II., 1901, S. 493.)

3) LUBIMENKO (Bot. Centralbl., Bd. 113, Nr. 10, 1910, S. 251.)

4) Unter äusseren Bedingungen kommt hauptsächlich das Licht in Betracht, wie vorher gesagt.

5) HESSELMAN (l.c., S. 404) bestätigt, dass die äussere Reizung des Lichtes, insbesondere des Frühlingslichtes, auf Struktur und Dicke der Blätter einen überaus grossen Einfluss hat.

Wenn aber auch ganz junge Blätter im allgemeinen einen Unterschied zwischen den besonnten und den beschatteten nicht zeigen, werden die Knospen unter verschiedenen Beleuchtungen, also unter verschiedenen Ernährungszuständen, welche auf ihre Blattentwicklung irgend einen Einfluss ausüben müssen, gebildet. Bei sommergrünen Pflanzen geniessen die Schatten sprossen resp. Schattenknospen während des Winters fast gleiche Beleuchtung wie die Sonnensprossen; und wenn daher ausser äusseren noch andere auf die Blattstruktur einwirkende Einflüsse vorhanden wären, so würde die Ursache schon bei der Knospenanlage oder eher existieren. NORDHAUSEN beobachtete solche Wirkung an der Buche und betrachtet sie als Nachwirkung. Nach seinem Versuch hatten die abgeschnittenen Licht- und Schattenzweige von *Fagus*, etc., welche vor Austreiben der Knospen in Wasser unter gleichen Beleuchtungs- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen standen, noch die bekannten Licht- und Schattenblattmerkmale gezeigt. Auch hat DE BOIS¹⁾ die Nachwirkungerscheinungen bei Rotbuche beobachtet; er fand, dass a) bestimmte Eigenschaften des Blattes, z. B. die Zahl der Zellschichten des Palisadengewebes, schon in der Knospe bestimmt sind; b) die Schuppen- und Blätterzahl jeder Knospe unmittelbar von den Lichtbedingungen abhängig ist; c) künstlich beschattete Sonnenäste Knospen und Blätter, die nicht völlig die Eigenschaften der Schattenknospen resp. Blätter zeigen, erzeugen, und die im hellen Lichte erzeugten Schattenäste in ihren verschiedenen Teilen nur teilweise die Eigenschaften der normalen Sonnenäste haben.

Um den Vorgang und den Zeitpunkt der Differenzierung der Sonnen- und Schattenblätter genau kennen zu lernen, habe ich einige Bäume nach dieser Richtung hin untersucht.

1) DE BOIS (Bot. Jahresb., Bd XXXV, I, 1907, S. 736.)

Fatsia japonica: In noch jugendlichen Blättern (ca. 3 cm lang = ca. $\frac{1}{10}$ des ausgewachsenen) befindet sich eine Differenz zwischen Sonnen- und Schattenblätter in der Dicke, und zwar besteht das junge Schattenblatt aus 9 Schichten von Urmesophyll, und seine Dicke ist 195μ im Mittel, während das Sonnenblatt aus 10 Schichten besteht und seine Dicke 205μ beträgt. In dem nächst älteren Blatte (10 cm lang = ca. $\frac{1}{3}$ des ausgewachsenen) ist die Differenzierung des Palisadengewebs noch nicht eingeleitet, und die Zelllagen bleiben gleich wie vorher, aber die Dicke beträgt beim Sonnenblatte 283μ , beim Schattenblatte 218μ . In einem vorgeschrittenen Entwicklungsstadium erreicht schon das Schattenblatt die maximale Dicke (288μ) und besteht aus 11–12 Zelllagen von Mesophyll; mit ihrer Flächenentwicklung nehmen die Dicke und die Zahl der Zelllagen ab,¹⁾ indem ohne die Streckung der Palisadenzellen die Mesophyllzellen sich nach den Flächen verschieben oder querstrecken. Bei Sonnenblättern beträgt die Dicke 320μ , und die Mutterzellen des Palisadengewebes zeichnen sich nicht deutlich von den Zellen der anderen Schichten aus. Aber ihre Dicke nimmt mit der Flächenentwicklung durch die Streckung des Palisadengewebes bedeutend zu.

Aus dem oben Erwähnten können wir annehmen, dass die Schattenblätter anatomisch im Jugendstadium bleiben und ihr Dickenwachstum eher sistiert wird als das der Sonnenblätter.

Cornus controversa: Ein ausgewachsenes Blatt, sowohl Sonnen- als Schattenblatt, besteht aus 7 Schichten, und ersteres unterscheidet sich nur dadurch von letzterem, dass es eine mehr

1) Eine ausgewachsenes Schattenblatt besteht aus 9 Schichten Mesophyll und hat eine Dicke von 237μ im Mittel.

gestreckte Palisadenzelllage (70μ) als das letztere (38μ) besitzt. Als Herbstknospen sind die Sonnenblätter auffallend rotgefärbt und mit weissen Haaren bedeckt, aber bei den Schattenblättern ist das gar nicht der Fall; bei Frühlingsknospen ist dieser Unterschied nicht deutlich.

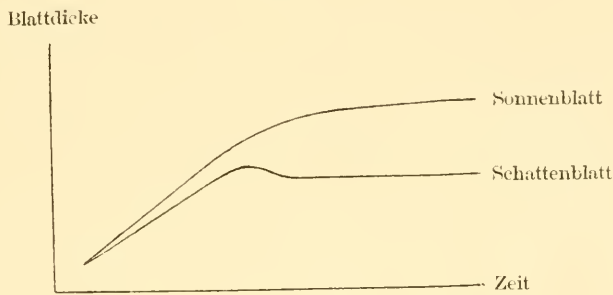
Schon bei den Knospen kann man die in der Sonne gewachsenen von den im Schatten gebildeten an der Zahl der Schuppen und Blätter unterscheiden, und zwar bestehen die Sonnenknospen aus 8–12 Schuppen und 9–12 Blättern, während die Schattenknospen aus 8 Schuppen und 9 Blättern gebildet sind. Was die anatomische Betrachtung anbelangt, so zeigen die jüngsten Sonnen- und Schattenblätter keinen Unterschied; und auch in der Dicke ist der Unterschied nicht so gross, bis die Blattspreite ca. 7 cm lang entwickelt ist. In diesem letzten Stadium erreichen die Schattenblätter ihre maximale Dicke, dann nimmt dieselbe wieder ab; während die Sonnenblätter mit ihrer Flächenentwicklung noch mehr an Dicke zunehmen, indem die Palisadenzellen sich von 30μ bis 70μ strecken. Die obigen Vorgänge will ich unten in einer Tabelle übersichtlich machen.

Spreitlänge cm	Sonnenbl.			Schattenbl.		
	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ
0.4	6	74	18	6	73	15
1.0	7	89	20	7	89	20
4.5	7	118	25	7	105	25
6.5	7	112	26	7	120	25
7.5	7	120	30	7	135	30
9.0	7	130	38	7	118	30
10.0	7	135	40	7	115	32

Spreitlänge cm.	Sonnenbl.			Schattenbl.		
	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ
11.0	7	140	48	7	112	30
12.0	7	160	52	7	112	32
13.0	7	172	72	7	115	35

Die Entwicklungsvorgänge an Sonnen- und Schattenblättern bei *Fatsia* und *Cornus* können wir durch folgende Kurve veranschaulichen.

Fig. 4



Magnolia Kobus: Ein ausgewachsenes Sonnenblatt besteht aus 10 Zellschichten, unter welchen 2 Palisadenlagen sich befinden; während das Schattenblatt aus 8 Zellschichten besteht, und das Palisadengewebe sich nicht deutlich von den Zellen der anderen Schichten abhebt (Fig. 7). Auch bei *Magnolia* sind die Zahlen der Schuppen und Blätter der Schattenknospen, aus welchen sich nur 2–5 Blätter entwickeln, geringer als die der Sonnenknospen, aus welchen sich 5–10 Blätter entwickeln.

Die Entwicklungsvorgänge sind etwa ähnlich wie bei *Cornus*, aber wir können den Maximalpunkt der Dicke des Schattenblattes nicht deutlich bemerken, wie unten gezeigt wird.

Spreitlänge cm	Sonnenbl.			Schattenbl.	
	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ
1.0	7	103		7	102
4.0	8	130		8	115
5.0	9	135		8	125
7.0	9–10	140		8	120
9.0	9–10	155	40	8	125
11.0	10	178	45	8	130
12.0	10	205	52	8	138
13.5	10	203	65	8	135

Um zu ermitteln, ob die Nachwirkungsercheinung wirklich vorhanden ist oder nicht, habe ich einerseits die abgeschnittenen Sonnen- und Schattenzweige von *Cornus* und *Magnolia* vor Austreiben der Knospen im diffusen Lichte¹⁾ in Wasser stehen lassen, anderseits habe ich im Beginn des Frühlings Sonnenzweige in den Schatten gebogen, während Schattenzweige durch Biegung und durch das Wegschneiden der benachbarten äusseren Äste direkt dem Sonnenlicht ausgesetzt wurden.

Beim ersten Fall entwickelten sich die Blätter nur wenig (4.5 cm), bedeutend weniger im Vergleiche mit den normalen; bei *Magnolia* und auch bei *Cornus* zeichnete sich das Sonnenblatt vor dem Schattenblatt aus, wie folgt:—

1) Nur im Schatten, weil nach NORDHAUSEN die Merkmale aufs beste im diffusen Lichte sich gezeigt haben.

Pflanzen	Blätter	Länge d. Spreiten cm	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ
<i>Cornus</i>	Sonnenbl.	4.5	7	113	28
	Schattenbl.	„	7	105	25
<i>Magnolia</i>	Sonnenbl.	4.5	9	155	—
	Schattenbl.	„	8	132	—

Beim zweiten Fall entwickelten die Blätter der betreffenden Zweige immer die Zwischenformen.

Pflanzen	Spreitlänge cm	Zahl d. Zellschichten	Dicke μ	Länge d. Palisad. μ
<i>Cornus</i>	10.0	7	120	38
	12.5	7	125	40
<i>Magnolia</i>	11.0	9	135	—
	13.5	9	135	—

VIII. Hauptresultate.

1) Im allgemeinen sind die Schattenblätter dunkler gefärbt und glatter als die Sonnenblätter.

2) Die Spreiten der Sonnenblätter einiger Bäume sind längs der Nerven nach oben gebogen, oder ihre Blattlappen etwas nach unten zusammengebogen, und sie stehen schräg aufwärts oder unterwärts, während die Schattenblätter stets flach ausgebreitet sind.

3) Die meisten immergrünen Sonnenblätter haben grössere Spreiten als die Schattenblätter.

4) Die Gewebezellen der Schattenblätter sind mehr ausgedehnt an Fläche als die der Sonnenblätter.

5) Die Sonnenblätter sind ausnahmslos dicker als die Schattenblätter.

6) Die Sonnenblätter haben stärker entwickeltes Palisadengewebe, und ihre oberen Epidermiszellen haben dickere Aussenwände als die Schattenblätter.

7) Die Schattenblätter haben grössere Interzellularräume und grösseren Wassergehalt als die Sonnenblätter.

8) Die Sonnenblätter transpirieren auf gleicher Fläche mehr als die Schattenblätter, was durch stärkeren Reichtum an Spaltöffnungen bedingt wird.

9) Im Herbst hören die Schattenblätter eher auf zu assimilieren als die Sonnenblätter.

10) Die Zahlen der Schuppen und Blätter der Sonnenknospen von *Cornus* und *Magnolia* sind stets grösser als die der Schattenknospen.

11) Die Schattenblätter von *Fatsia* und *Cornus* hören im Dickenwachstum eher auf als die Sonnenblätter, während die letzteren mit Streckung des Palisadengewebes an Dicke noch mehr zunehmen.

12) Die Sonnen- und Schattenzweige von *Cornus* und *Magnolia*, welche vor Austreiben unter gleiche Bedingungen gebracht wurden, zeigen noch die Sonnen- und Schattenblattmerkmale und lassen sich deutlich von einander unterscheiden.

Tokyo, im Juni 1916.

Erklärung der Tafel.(Alle Figuren $\times 350$)

- Fig. 1, a. Querschnitt durch ein Sonnenblatt von *Fatsia japonica*
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „
- Fig. 2, a. Obere Epidermiszellen eines Sonnenblattes von *Magnolia Kobus*.
 b. „ „ „ Schattenblattes „ „ „
- Fig. 3, a. Untere Epidermiszellen eines Sonnenblattes von *Magnolia Kobus*.
 b. „ „ „ Schattenblattes „ „ „
- Fig. 4, a. Querschnitt durch ein Sonnenblatt von *Magnolia Kobus*.
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „
- Fig. 5, a. „ „ „ Sonnenblatt „ *Castanea sativa*.
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „
- Fig. 6, a. „ „ „ Sonnenblatt „ *Acer palmatum*.
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „
- Fig. 7, a. „ „ „ Sonnenblatt „ *Myrica rubra*.
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „
- Fig. 8, a. „ „ „ Sonnenblatt „ *Daphniphyllum macropodum*.
 b. „ „ „ Schattenblatt „ „ „

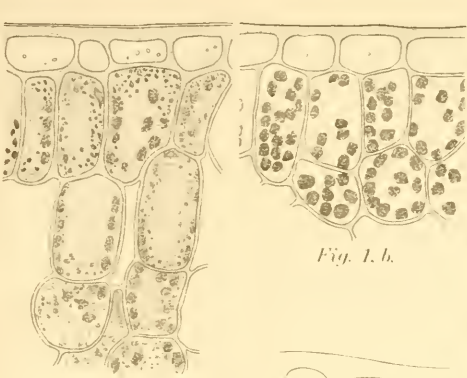


Fig. 1, b.

Fig. 1, a.

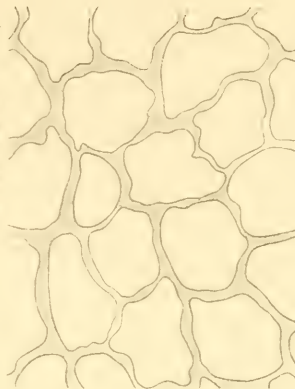


Fig. 2, a.

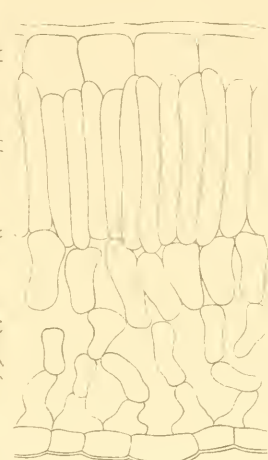


Fig. 5, a.

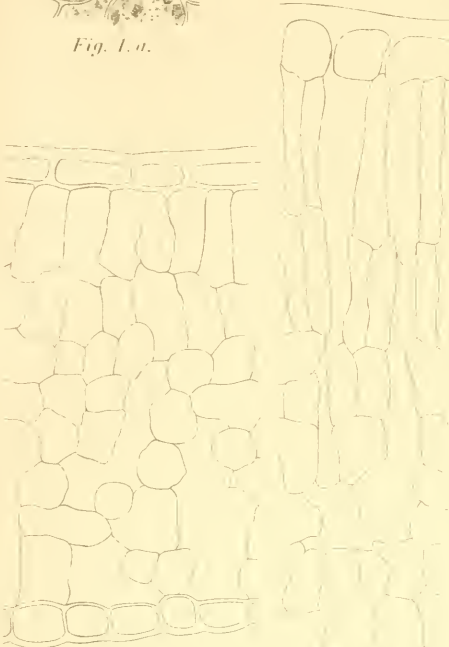


Fig. 4, a.



Fig. 2, b.

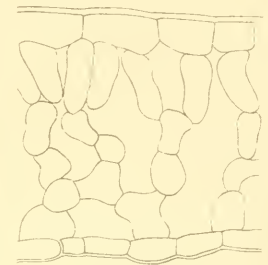


Fig. 5, b.

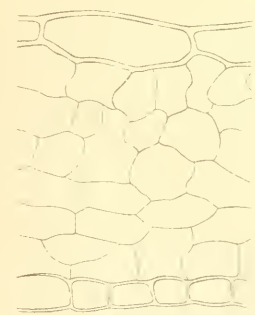


Fig. 4, b.



Fig. 7, a.

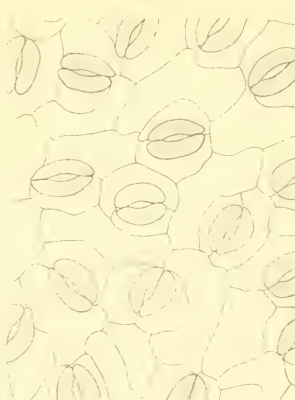


Fig. 3, a.

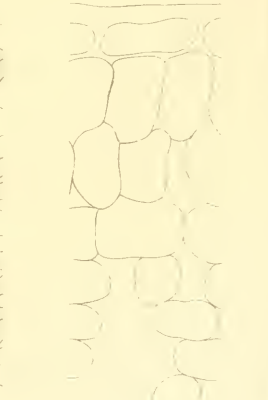


Fig. 8, b.



Fig. 8, a.



Fig. 7, b.

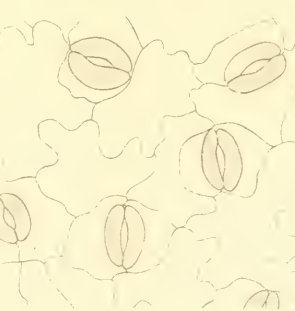


Fig. 3, b.

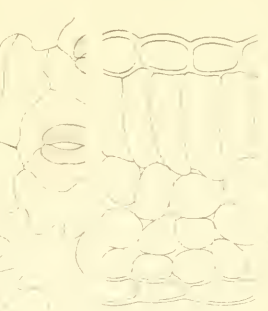


Fig. 6, a.

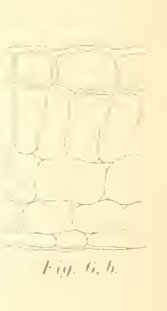


Fig. 6, b.

Untersuchungen über die Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen.

17

BERICHTIGUNGEN.

Bei mehreren Orten :	statt „ <i>non-liquefaciens</i> “	lies „ <i>non-liquefaciens</i> “.
Seite 18, Zeile 3 von oben :	„ „Zuckerlösungen“	„ „Zuckerlösungen“.
„ 18, „ 4 „ „ :	„ „Varietät“	„ „Varietät“.
„ 20, „ 5 „ „ :	„ „ <i>Chlorospaera</i> “	„ „ <i>Chlorosphaera</i> “.
„ 26, „ 2 „ unten :	„ „osmotischem“	„ „osmotischen“.
„ 28, „ 7 „ „ :	„ „retardiert“	„ „retardiert“.
„ 31, „ 13 „ „ :	„ do	„ do.
„ 58, „ 10 „ „ :	„ „Ähnlich“	„ „Ähnlich“.
„ 74, „ 1, untere Tabelle :	„ „ <i>Azotobacter</i> “	„ „ <i>Azotobacter</i> “.
„ 78, „ 11 von unten :	„ „wennauch“	„ „wenn auch“.
„ 81, „ 12 „ oben :	„ „wirkung“	„ „Wirkung“.
„ 83, Fig. 3, b :	„ „Strichkultur“	„ „Strichkultur“.
„ „ „ „ d :	„ „Stichkultur“	„ „Strichkultur“.
„ 85, Erklärung von Fig. 4 :	„ „ <i>Chloro phaera</i> “	„ „ <i>Chlorosphaera</i> “.
„ 85, Fig. 5, c :	„ „Strichkultur“	„ „Strichkultur“.
„ „ „ „ d :	„ „21 XIr“	„ „21 XI“.
„ „ „ „ e :	„ „Kulturdauer“	„ „Kulturdauer“.
„ 89, Zeile 8 von oben :	„ „kultiverbaren“	„ „kultivierbaren“.
„ 132, „ 8 „ „ :	„ „Corotin“	„ „Carotin“.

Platte (siehe O. Richter, 1903, S. 496) Kolonien von *Navicula* und *Raphidium* aus einem Teich des hiesigen Botanischen Gartens zu erhalten. *Raphidium* ging aber bei der zweiten Überimpfung zu Grunde. Bei *Navicula* versuchte ich mehrere Überimpfungen. Ihre Entwicklung war dabei aber so schlecht, daß ich ihre Reinkultur nicht herstellen konnte.

Untersuchungen über die Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen.

Von

HARUFUSA NAKANO, *Rigakuhakushi*.

Mit 3 Tafeln und 9 Textfiguren.

I. Einleitung.

Im Sommer 1910 stieß ich auf das spontane massenhafte Auftreten von *Gonium pectorale* in einem Kulturgefäße der Wasserpflanzen in unserem Laboratorium. Ich versuchte die Algen nach der Methode der mechanischen Isolierung, die oft für die Pilzkultur ideale Dienste leistet, weiter zu züchten. Meine Versuche schlugen aber fehl, und ich erhielt stattdessen zufällig eine Rohkultur von *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov.

In demselben Jahre versuchte ich wieder, nach *Zumstein* (1900, S. 187), *Euglena* aus einem Abwasser bei Koishikawa (Tokyo) zu kultivieren. Das Ziel wurde wieder nicht erreicht, und anstatt der *Euglena* bekam ich eine Rohkultur von *Chlorosphaera putrida*, sp. nov.

Im December 1911 glückte es mir aber auf einer *Richterschen* Platte (siehe O. Richter, 1903, S. 496) Kolonien von *Navicula* und *Raphidium* aus einem Teich des hiesigen Botanischen Gartens zu erhalten. *Raphidium* ging aber bei der zweiten Überimpfung zu Grunde. Bei *Navicula* versuchte ich mehrere Überimpfungen. Ihre Entwicklung war dabei aber so schlecht, daß ich ihre Reinkultur nicht herstellen konnte.

Im April 1912 machte ich den Versuch nach dem Isolierungsverfahren von Chodat (1900)¹⁾ aus einem Teich bei Fukagawa (Tokyo) Algen zu isolieren. Nach etwa drei Monaten konnte ich glücklich drei Arten Chlorophyceen isolieren und rein züchten. Die Algen waren die folgenden :

Chlorella vulgaris Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis*, var. nov.

Scenedesmus obliquus Ktg. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Im Januar 1914 erhielt ich zwei weitere Reinkulturen von Chlorophyceen, *Chlorosphaera putrida*, sp. nov. und *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov.; beide stammten aus den oben erwähnten Rohkulturen der betreffenden Algen.

In dieser Arbeit beabsichtige ich die Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie der fünf²⁾ obigen reinen Algen zu schildern,

- d.i.,
- 1) Formwechsel,
 - 2) Ernährungsphysiologie,
 - 3) Systematik,
 - 4) Farbenwechsel.

Im zweiten Abschnitt bestimmte ich, nach ernährungsphysiologischen Studien, die Abteilungen der fünf Algen als Leitorganismen für Wasserbeurteilung. In demselben Abschnitt wurde meine besondere Aufmerksamkeit auch auf die ernährungsphysiologischen Beziehungen zwischen den Algen und *Azotobacter* gelenkt.

Die Identifizierung der Algen geschah nicht nur nach morphologischen, sondern auch nach physiologischen Standpunkten.

Was nun den Farbenwechsel der Algen betrifft, so wurde dieser mit großer Mühe bearbeitet. Ich kam danach zu einem

1) Herr. Prof. Chodat war so liebenswürdig mir einen Separatdruck der oben genannten Arbeit zu übersenden, wofür ich ihm hier meinen besten Dank ausspreche.

2) Bis jetzt habe ich ferner die Reinkulturen von sechs anderen Chlorophyceen, zwei Diatomeen und einer Art von *Euglena* hergestellt.

etwas anderen Resultat als frühere Forscher. Die Sache ist aber so kompliziert, daß ich, trotz vieler verschiedenartiger Versuche, denselben noch nicht vollkommen zu erklären imstande bin.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden unter Leitung und Anregung von Herrn Prof. Dr. Miyoshi angestellt. Ich möchte demselben an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen. Ich bin auch Herrn Prof. Dr. K. Shibata, zu großem Dank verpflichtet, da er mir viele wertvolle Ratschläge und Unterstützungen, besonders in der chemischen Analyse, gegeben hat. Auch Herrn Dr. Hattori spreche ich für seine vielfachen Unterstützungen meinen besten Dank aus.

II. Bedeutung der Reinkultur.

Unter „Reinkultur der Algen“ hat man die folgenden beiden Fälle zu unterscheiden,

- a) Speziesreine oder artreine Kultur
- b) Absolute oder bakterienfreie Reinkultur.

Die erstere ist eine mit Bakterien verunreinigte, aber von anderen Organismen befreite Kultur, bei der letzteren ist die Kultur aber sowohl von anderen Algen, als auch von anderen Organismen befreit.

Streng genommen, ist die Speziesreinkultur nichts anderes als eine unreine Kultur mit Ausschluß von anderen Algen.

In unserem Sinne bedeutet die Reinkultur der Algen stets die absolute Reinheit der Kultur.

Frühere und sogar neuere Forscher begnügten sich sehr oft mit einer Rohkultur oder Speziesreinkultur der Algen, weil die Reinkultur derselben nicht leicht zu haben ist.

Die erste Reinkultur der Algen verdanken wir Beijerinck (1890, S. 727). Im Jahre 1890 gelang es demselben mit einer

Gelatineplattenkultur *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*, *Chlorosphaera limicola* und *Cystococcus humicola* bakterienfrei zu züchten.

Es ist ein großes Verdienst von Beijerinck, daß er uns damit zum erstenmal eine einwandfreie Versuchsmethodik der Algen gelehrt hat. Der Arbeit von Beijerinck folgten viele andere Arbeiten über die Reinkultur der Algen.

In seinen Untersuchungen der Chlorophyceen hat Chodat (1913) die Reinkulturmethode mit glänzendem Erfolge angewandt, indem er nicht weniger als siebenzig verschiedene Arten unter ihnen isolieren konnte.

Bei anderen Klassen der Algen ist die Reinkultur nicht so gut gelungen wie bei den Chlorophyceen. Es bedarf noch zukünftiger Arbeit, um weitere Fortschritte zu machen.

Immerhin brachten die bisherigen auf dem Wege der Reinkultur ausgeführten Untersuchungen schon viele wertvolle Resultate.

Zunächst möchte ich betonen, daß die Reinkultur der Algen uns mit Bestimmtheit die Möglichkeit einer heterotrophen Lebensweise der chlorophyllgrünen Pflanzen erkennen ließ. Nach den Untersuchungen von Beijerinck und den später erschienenen mittels Reinkultur ausgeführten Arbeiten der verschiedenen Forscher konnten wir mit Gewißheit darauf schließen, daß es viele Algen gibt, die halbsaprophytisch sind, d. h. sie können durch die Aufnahme der organischen Kohlenstoffverbindungen die CO_2 -Assimilation teilweise ersetzen. Wir wissen aber noch nicht, ob es obligat saprophytische Algen gibt, weil nach E. Pringsheim (1913) *Euglena* (S. 26) und sogar Cyanophyceen (S. 74–80) noch autotroph leben können.

Unter anderen auf dem Wege der Reinkultur erhaltenen Resultaten möchte ich betreffs der physiologischen Erscheinungen der Algen die folgenden besonders hervorheben.

- 1) die Verflüssigung der Gelatine,
- 2) die Chlorophyllbildung im Dunkeln,
- 3) die Unmöglichkeit der Bindung des freien Stickstoffs.

Außerdem wurden noch andere wichtige Resultate festgestellt. Bezüglich derselben möchte ich auf eine dem folgenden Kapitel beigelegte Tabelle verweisen.

Auch für die Systematik der Algen ist die Reinkultur von fundamentaler Wichtigkeit. Chodat hebt (1913, S. 1–12) mit Recht hervor, daß die Reinkultur für die Identifizierung winziger Algen eine bevorzugte Methode liefert, weil dieselbe die Beobachtungen der Entwicklungsgeschichte der Algen erleichtert, und auch physiologische Merkmale erkennen läßt.

Ferner möchte ich betonen, daß die Reinkultur der Algen uns den Unterschied der Mutation und Modifikation (d. i. Polymorphismus) derselben am klarsten zeigen kann (vergl. Chodat, 1909, S. 146).

III. Methodik der Reinkultur.

Die Methoden der Reinkultur von Algen lassen sich, wie die von anderen Mikroorganismen, in zwei Gruppen einteilen:

- a) Mechanische Methode,¹⁾
- β) Biologische Methode.¹⁾

Die erstere Methode ist diejenige, welche ganz mechanisch ausgeführt wird. Die mechanische „Kapillarmethode“, das Isolierungsverfahren mittelst Augenwimpern eines Schweins und die „Verdünnungsmethode“ im ursprünglichen Sinne gehören hierher.

Nach der mechanischen Methode ist es sehr schwer, oder fast unmöglich, abgesehen von besonders glücklichen Fällen, reine Algen

1) Meine Auffassung ist etwas abweichend von der von Küster, (vergl. 1913 b, S. 54).

zu erhalten. Die nach dieser Methode hergestellten Kulturen werden meist unrein, höchstens speziesrein sein.

Bei der letzteren Methode spielen die physiologischen Eigentümlichkeiten der Lebewesen eine Hauptrolle. Das erste Isolierungsverfahren von Beijerinck (l.c.) war eine etwas modifizierte Methode der Kochschen Plattenmethode.¹⁾ Man nennt es daher oft das Koch-Beijerincksche Verfahren (O. Richter, 1903, S. 495).

Der Gelatine-Nährboden, der zuerst von Beijerinck angewandt wurde, war aber kein sehr gutes Medium, weil die Bakterien und Pilze denselben oft verflüssigen und die Algenentwicklung völlig sistieren. Später (1898) adoptierte Beijerinck (1898, S. 785–786) aber den Agarnährboden, und erhielt dadurch die Reinkultur von *Pleurococcus vulgaris*.

Die im Jahre 1900 von Chodat und Grintzesco veröffentlichte Verdünnungsmethode ist vortrefflich um eine Reinkultur von Algen zu erhalten. Hierüber will ich im folgenden kurz sprechen.

Einige Tropfen Wasser aus einem Teich oder einer Rohkultur werden mit destilliertem Wasser bis zu einer passenden Konzentration verdünnt. Ein Tropfen der verdünnten Lösung wird dann in die Mineralsalzagar enthaltenden Erlenmeyer-Kolben gegossen und tüchtig geschüttelt. Nach etwa 14 Tagen sieht man im Frühling oder im Sommer im Agar viele grüne Algenkolonien. Um die Bakterienfreiheit der Algen zu sichern, muß man ein und dasselbe Verfahren wenigstens zweimal wiederholen. Beim zweiten Verfahren kann man aber das Glukose enthaltende Nähragar anstatt des Mineralsalzagars verwenden. Weitere Kulturen in Nährbouillon, oder in einem Pepton enthaltenden Nährboden, können als Prüfung dienen, ob die erhaltenen Algen absolut rein sind oder nicht. Ge-

1) Bei dieser Methode ist die Koloniebildung die Hauptsache.

wöhnlich ist aber diese Prüfung überflüssig. Wenn man es mit unreinen Kolonien zu tun hat, treten bei dem zweiten und dritten Verdünnungsverfahren gleichzeitig viele Bakterienkolonien im Agar auf, was uns die Verunreinigung der Algen erkennen läßt.

Es ist natürlich zu erwarten, daß die Verdünnungsmethode die nicht gallertigen Algenzellen von einander und von den Bakterien trennen, und daß sie aus einem Individuum entstehende Kolonien hervorbringen kann. Man kann also auf diese Weise eine Individuallinie von Algen erhalten.

Nach dem oben erwähnten Verfahren wurden unsere Algen *Chlorella l.*¹⁾, *Stichococcus v.* und *Scenedesmus n.* gereinigt. Das Isolierungsverfahren von *Chlorosphaera p.* und *Chlamydomonas k.* war aber etwas anders. Diese Algen bilden gallertige Zönobien, die das Festsitzen der Bakterien sehr begünstigen. Beim ersten Isolierungsverfahren erhielt ich daher mit Bakterien vermischte Algenkolonien. So war es mir lange Zeit unmöglich die Reinkultur der betreffenden Algen zu erhalten. Später entdeckte ich aber, daß dieselben Algen in einer Mineralsalznährlösung, die insofern eine Abweichung von der gewöhnlich benutzten zeigte, als anstatt des Kalziumnitrats Ammonsulfat und Kalziumchlorid benutzt wurden, nur als kleine Zönobien oder als Individuen vorkamen. Dabei wurde die Nährlösung sauer, und die Bakterienentwicklung wurde demgemäß geringer. Diese Kultur lieferte mir daher ein gutes Impfmateriäl. Ich habe bei demselben wieder das Verdünnungsverfahren benutzt und auf diese Weise die Reinkulturen der betreffenden Algen hergestellt.

Bei den vorliegenden Untersuchungen bediente ich mich verschiedener Nährmedien. Da ich auf dieselben später ausführ-

1) Der Kürze halber bezeichne ich in vorliegender Arbeit fünf von mir isolierte Algen mit *Chlorella l.*, *Stichococcus v.*, *Scenedesmus n.*, *Chlorosphaera p.* und *Chlamydomonas k.*

licher zurückkommen werde, so beschränke ich mich hier darauf nur das Folgende mitzuteilen.

Bevor ich aber in diesbezügliche Erörterungen eintrete, möchte ich mit einigen Worten die Bedeutung des „Prozent“ erwähnen. Unter dem „Gewichtsprozent“ versteht man in der Regel ein gewisses Gramm Chemikalien auf 100 Gramm destilliertes Wasser. Die Physiologen haben sich aber daran gewöhnt ein gewisses Gramm Chemikalien auf 100 cm³ der Grundnährlösung oder des Nähragars als ein gewisses Prozent anzunehmen. Noch eine andere Bedeutung kommt dem Worte „Prozent“ zu. So könnte man ein gewisses Gramm in 100 cm³ destilliertem Wasser oder anderen Lösungsmitteln, wie man bei Pfeffer findet, (Pflanzenphysiologie Bd. I. S. 127–'8) auch als ein gewisses Prozent bezeichnen. Bei den vorliegenden Untersuchungen bediente ich mich immer des Wortes „Prozent“ im letzteren Sinne, weil eine solche Behandlung bei der Verdünnung der Grundlösung sehr bequem ist.

Nun werde ich zur Beschreibung der Zusammensetzungen der Nährmedien übergehen.

- I. Mineralsalznährlösung (kurzweg $\frac{1}{2}$ M-L bezeichnet). Diese wurde durch eine doppelte Verdünnung der Detmerschen Grundnährlösung (kurzweg M-L) hergestellt) d. i.,

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1.00 g
MgSO_4	0.25
KCl	0.25
KH_2PO_4	0.25
FeCl_3	Spur

Diese Stoffe wurden in 1000 cm³ destillierten Wassers gelöst.

Diese Grundlösung wurde mit destilliertem Wasser zweifach verdünnt.

- II, Glukosenährlösung (kurzweg Gl-L)

50 cm³ M-L+Glukose 2g; diese wurde mit H₂O auf 100 cm³ gebracht.

III. Mineralsalznähragar (kurzweg M-Agar)

500 cm³ M-L+gewässertes Agar 20g; diese Mischung wurde mit H₂O auf 1000 cm³ gebracht.

IV. Glukosenähragar (kurzweg Gl-Agar)

M-Agar+Glukose 2%

V. Mineralsalznährgelatine nach Grintzesco (1902)

(kurzweg M-Gelatine)

Ca(NO ₃) ₂	1.65 g
KCl	0.50
MgSO ₄	0.50
KH ₂ PO ₄	0.50
FeCl ₃	Spur
Gelatine	1.50 g

Alle diese Stoffe wurden in 1000 cm³ destillierten Wassers gelöst.

VI. Glukosenährgelatine (kurzweg Gl-Gelatine)

M-Gelatine+Glukose 2%

VII. M-Agar nach O. Richter (1903)

In 1000 cm³ H₂O werden je 0.2g von KNO₃, K₂HPO₄, MgSO₄, und CaSO₄, und eine Spur von FeSO₄ zugesetzt. Agar in einer Dosis von 1%.

VIII. Gl-Agar nach O. Richter

M-Agar nach Richter+Glukose 2%

Das Isolierungsverfahren mittelst Kieselgallerte ist häufig sehr erfolgreich, besonders für Algen, die einer größeren Temperatur als 37°C (Erstarrungspunkt des Agars) nicht widerstandsfähig sind. Dies Verfahren wurde schon von Miquel (1892) für die Reinkultur

der Diatomeen und in neuerer Zeit von E. Pringsheim (1913, S. 57–59) für die Kultur der Schizophyceen angewandt.

Im folgenden werde ich tabellarisch zeigen, wieweit die Reinkultur bei den Algenklassen gelungen ist.

Autoren	Jahr	Methode d. Kultur	Reinheit	Algen
Artari	1901	(Nicht angegeben)	Zweifellos rein	<i>Xanthoria parietaria</i> , <i>Gasparrina bacillaris</i> .
„	'01, '02 b, '04, '06	„	„	<i>Stichococcus bacillaris</i> .
„	1902 a	„	„	<i>Chlorococcum infusionum</i> .
„	1906, '09	„	„	<i>Chlorella communis</i> .
„	1913, '14	„	„	<i>Chlamydomonas Ehrenbergii</i> .
Beijerinck	1890 !	Gelatine-Plattenkultur	„	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Scenedesmus acutus</i> , <i>Chlorosphaera limicola</i> , <i>Cystococcus humicola</i> .
„	1893	Eine Kultur von 1890	„	<i>Scenedesmus acutus</i> .
„	1898	Agar-Plattenkultur	„	<i>Pleurococcus vulgaris</i> .
Chodat u. Grintzesco	1900	Verdünnungsmethode	„	Viele Chlorophyceen.
Chodat	1909	„	„	Viele Chlorophyceen u. einige Cyanophyceen.
„	1913	„	„	Etwa 71 Arten Chlorophyceen.
Grintzesco	1902	„	„	<i>Scenedesmus acutus</i> .
„	1903	„	„	<i>Chlorella vulgaris</i> .
Kossowitsch	1894	Auf Kieselsäuregallerte	„	<i>Cystococcus</i> u. <i>Chlorella vulgaris</i>
Krüger	„	Wahrscheinlich Plattenkultur	„	<i>Chlorella protothecoides</i> .
Krüger u. Schneidewind	1900	(Nicht angegeben)	„	<i>Chlorothecium saccharophilum</i> , <i>Stichococcus</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , ch. <i>protothecoides</i> u.a.
Kufferath	1913	Methode von Chodat	„	<i>Chlorella luteo-viridis</i> var. <i>lutescens</i> .
Matruchot u. Molliard	1900	Plattenkultur	„	<i>Stichococcus bacillaris</i> .
Meinhold	1911	Nach Richter	„	<i>Navicula minuscula</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>N. dissipata</i> .
Miquel	1892	Kieselsäuregallerte	„	Diatomeen.
Palladin	1904	(Nicht angegeben)	„	<i>Chlorothecium saccharophilum</i> .
Petrashewsky	„	„	„	„
Pringsheim, E.	1913	Plattenkultur	„	<i>Euglena gracilis</i> .
„	„	Auf Kieselsäuregallerte	„	<i>Nostoc cuticulare</i> , <i>Oscillaria tenuis</i> , <i>O. brevis</i>
Radais	1900	(Nicht angegeben)	„	<i>Chlorella vulgaris</i> .

Autoren	Jahr	Methode d. Kultur	Reinheit	Algen
Richter, O	1903	Plattenkultur	Zweifellos rein.	<i>Navicula minuscula</i> . <i>Nitzschia palea</i> .
„	1906	„	„	„
„	1909	„	„	<i>Nitzschia putrida</i> .
„	1909	„	„	Drei Arten, Diatomeen.
Tischutkin	1897	„	Teils unrein	Cyanophyceen (?), Konjugaten(?), Diatomeen, Chlorophyceen.

Man ersieht aus dem obigen, daß die Reinkultur hauptsächlich bei den Chlorophyceen, aber auch bei einigen Diatomeen und Cyanophyceen, und bei einer Art der Flagellaten zweifellos gelungen ist. Dies läßt sich jedoch keineswegs von den Klassen der Peridineen, Konjugaten, Phacophyceen und Rhodophyceen sagen.

Die physiologischen Arbeiten über unreine resp. speziesreine Algen sind sehr zahlreich. Die hauptsächlichsten sind aber die folgenden :

Autoren	Jahr	Methode d. Kultur	Reinheit	Algen
Andreesen	1909	Kapillarmethode	Speziesrein	Desmidiaceen.
Benecke	1898	Überimpfung	Unrein	<i>Hormidium nitens</i> .
Boresch	1913	„	„	<i>Phormidium corium</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp.
Burton u. Livingston	1900	„	„	<i>Stigeoclonium tenue</i> .
Frank, Th.	1904	„	Speziesrein	<i>Chlamydomonas</i> .
Jacobsen	1910	Kapillarmethode u. Plattenkultur	Speziesrein od. rein	<i>Chlamydomonas</i> , u. a. <i>Polytoma uvella</i> .
Klebs	1896	Überimpfung u. Kapillarmethode	Unrein oder speziesrein	Viele Algen.
Kütster	1908	Überimpfung	Speziesrein	<i>Gymnodinium fucorum</i> .
Magnus u. Schindler	1912	Plattenkultur	Speziesrein	Schizophyceen.
Migula	1889	Wahrscheinlich Überimpfung	Unrein	<i>Spirogyra orbicularis</i> u. a.
Molisch	1895, '96	Überimpfung.	Unrein od. speziesrein	Chlorophyceen, Konjugaten.

Autoren	Jahr	Methode d. Kultur	Reinheit	Algen
Ogata	1893	Kapillarmethode u. Plattenkultur	Speziesrein od. rein(?)	<i>Polytoma wella</i> .
Ōno	1900	Überimpfung u. Plattenkultur	Unrein od. rein (?)	<i>Chroococcum</i> , <i>Protococcus</i> u. a.
Pringsheim, E.	1912	Plattenkultur	Speziesrein	Konjugaten, u. a.
Senn	1899	Überimpfung	Unrein	<i>Coelastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> .
Schindler	1913	Plattenkultur	Speziesrein	Schizophyceen.
Ternetz	1912	Nach Zumstein	Speziesrein	<i>Euglena gracilis</i> .
Treboux	1905	(Nicht angegeben)	Speziesrein od. rein	Chlorophyceen, Konjugaten.
Walz	1868	Überimpfung	Unrein	Chlorophyceen.
Ward	1899	Kieselgallerte	Speziesrein	<i>Oscillaria tenerrima</i> .
Zumstein	1900	In Zitronensäure-Nährlösung	Speziesrein	<i>Euglena gracilis</i> .

Betreffs weiterer Besprechungen der Arbeiten, die sich auf die Ernährung der organischen Stoffe bei der Rohkultur beziehen, verweise ich auf das Werk von O. Richter (1911, S. 26).

Einige der obigen Arbeiten sind für uns auch heute noch sehr wertvoll. Sie werden natürlich in der Zukunft noch mehr oder weniger verbessert werden. Schon jetzt steht fest, daß die Resultate von Senn (1899, S. 97) und Grintzesco (1902, S. 241) betreffs der Zönobienbildung von *Scenedesmus acutus* von einander abweichend sind. Da aber die Arbeit des erstgenannten Autors sich auf eine unreine Kultur begründete, ist man berechtigt, die Resultate Grintzescos für die richtigeren zu halten. Gegen die Ansicht von Senn wurden neuerdings auch von Tscharna Rayss (1915, S. 22) Einwendungen gemacht.

IV. Formwechsel.

1. Wachstum und Ruhen der Algen.

Zunächst werde ich die Koloniebildung von Algen in oder auf

der Agarmasse behandeln. Die Kolonieformen der Bakterien wurden von vielen Forschern studiert. Nach Orsós (1910) sollen die Kolonieformen der Bakterien und Hefen in der Agarmasse durch die physikalischen Bedingungen der Nährböden bedingt sein. So bilden sich beim langsamen Wachstum kugelige Kolonien, beim schnellen Wachstum dagegen ellipsoidische oder tryphyllousförmige Kolonien. Meine eigenen Versuche bei den Algen ergaben ähnliche Resultate.

Algen	Versuchsdauer	Kolonieform im M-Agar	Kolonieform im Gl-Agar
<i>Chlorella l.</i>	Etwa zwei Monate	Ellipsoidisch.	Ellipsoidisch oder tryphyllousförmig.
<i>Stichococcus v.</i>	„	Winzig, kugelig.	Winzig, kugelig.
<i>Scenedesmus n.</i>	„	Winzig, kugelig.	Ellipsoidisch oder tryphyllousförmig.

Diese Resultate stimmen mit denen von Orsós überein. Tryphyllousförmige Kolonien kommen nur im Gl-Agar vor, wo die Algenentwicklung schneller als im M-Agar ist. Bei *Stichococcus* fand ich eine langsame Entwicklung auch im Gl-Agar, und daher weder ellipsoidische noch tryphyllousförmige Kolonien.

Natürlich sind die Kolonieformen auf der Oberfläche des Nähragars auch von physikalischen Bedingungen abhängig. Sie sind aber stark variabel, je nach den Verschiedenheiten der Arten oder Varietäten. Hiermit wurden die Kolonieformen in der Bakteriologie als ein wichtiges Merkmal betrachtet. Nach Chodat (1913) sind die Formen und Farben der Kolonien auf Gl-Agar instande ein wichtiges Kriterium für die Systematik der Algen zu liefern. Diesbezügliche Merkmale sind bei unseren Algen wie folgt:

Algen	Oberflächliche Kolonie bei Mineralagarschüttelkultur	Oberflächliche Kolonie ¹⁾ bei Glukoseagarschüttelkultur
<i>Chlorella l.</i>	Klein, rundlich, oft dendritisch; lange grün.	Groß, rundlich; nach etwa 3 Monaten gelblich. Zonenbildung deutlich.
<i>Stichococcus v.</i>	Klein, rundlich; lange grün.	Groß, rundlich; nach etwa 3 Monaten gelblich. Zonenbildung deutlich. Grüner als <i>Chlorella</i> .
<i>Scenedesmus n.</i>	Klein, rundlich; lange grün.	Klein, rundlich; leicht vergilbt.
<i>Chlorosphaera p.</i>	Ziemlich groß, rund; lange grün.	Groß, rund, gallertig; später vergilbt.
<i>Chlamydomonas k.</i>	Groß, rund, gallertig; lange grün.	Ähnlich wie bei M-Agar.

Sehr interessanterweise fand ich eine Zonenbildung der Kolonien bei Gl-Agar-Kulturen von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*

Die Zonenbildung der Bakterien und Pilze wurde schon von vielen Forschern beobachtet, und sie ist seit langer Zeit unter dem Namen „Hexenring“ bekannt. Die Bedingungen der Hexenringbildung wurden auch von früheren Autoren schon hervorgehoben. Man konnte aber keinen entscheidenden Schluß daraus ziehen. In neuerer Zeit haben Munk (1912) und noch ausführlicher Küster (1913 a) darauf aufmerksam gemacht, daß der Hexenring mit dem Liesegang'schen Diffusionsfeld (also physiologisch-chemisch) im Zusammenhang stehe. Es ist jedoch noch unentschieden geblieben, ob die Diffusion der Stoffwechselprodukte der Organismen für das Wachsen wechselnde Bedingungen verursacht, und dadurch die Hexenringbildung zustande kommen läßt. Es scheint mir auch die von Schindler (1913, S. 569) geäußerte Ansicht zweifelhaft zu sein, wonach die Zonenbildung der Oscillarien auf eine Abwanderung der Fäden nach ihrem Gedei-

1) Man bekommt bei Stichtkultur eine größere Kolonie.

hen günstigeren Stellen zurückgeführt werden soll.

Ich muß mich nunmehr der Erklärung der „Ruheperiode“ zuwenden.

Das Wachsen und Ruhen der Algen läßt sich am leichtesten an der Beobachtung der Meeresalgen klarlegen. Das Meer beherbergt die üppigste Vegetation im Winter. Vom Frühling an beginnen die meisten Algen zu verschwinden. Man möchte denken, daß der regelmäßig wiederkehrende Wechsel von „Wachsen“ und „Ruhen“ teils von der Temperatur, teils vom Licht abhängt. Berthold (1882) hat aber auf Grund seiner Beobachtungen im Golf von Neapel hervorgehoben, daß hier der Wechsel der Lichtintensität den größten Einfluß auf die Entwicklung der Algen ausübt. Gleiche Beobachtungen an Meeresalgen wurden später vielfach mitgeteilt.

Der Wachstumstillstand, den man im Winter bei den in der Luft oder im seichten Wasser lebenden Algen beobachtet, ist aber wahrscheinlich auf eine andere Ursache zurückzuführen, weil in diesem Fall der Temperaturwechsel sehr groß ist.

Miquel (1892), Grintzesco (1902, S. 420; 1903, S. 75), O. Richter (1909 a), und Kufferath (1913, S. 136) haben schon bei ihren reinen Algen das Temperaturminimum, -optimum und -maximum bestimmt. Mit Bezug auf Jahreszeiten können wir aber daraus keine nennenswerten Kenntnisse erlangen.

Bei meinen Untersuchungen bemerkte ich auch je nach den Arten mehr oder weniger schlechte Entwicklungen im Winter, nämlich:

Chlorella l. gedeiht im Winter mäßig.

Stichococcus v. zeigt etwas schlechtere Entwicklung.

Scenedesmus n., *Chlorosphaera p.* und *Chlamydomonas k.* zeigen merklich schlechtere Entwicklung.

Ich begann nun den Einfluß der Temperatur in den verschie-

Bei den Versuchen im Jahre 1912 waren die Algen nach der Isolierung erst etwa ein Monat alt, bei den Versuchen im Jahre 1914 waren sie aber schon zwei Jahre alt. Die langsame Entwicklung im Gl-Agar im Jahre 1914 ist wahrscheinlich auf eine Anhäufung der organischen Substanzen in den Algenzellen und auf das infolgedessen entstandene latente Leben zurückzuführen.

Jedenfalls genügen meine Resultate zu zeigen, daß die Ruhezeit der Algen durch verschiedene Bedingungen bestimmt wird. Diese Tatsache wird durch die Theorie von Klebs (1915) und Lakon (1912) betreffs der Ruheperiode der Bäume unterstützt. Nach Klebs (1915, S. 734-792) wird die Ruheperiode der tropischen Baumarten und der Buche durch Licht, Nährsalzmangel, Temperatur, Feuchtigkeit der Luft, und den Wassergehalt des Bodens bestimmt. Er hebt die beiden ersten Bedingungen als Hauptursachen hervor.

2. Zönobien- und Familienbildung der Algen.

Zönobien und Familien beurteile ich nach den von Al. Braun begründeten und von Senn (1899, S. 96-97) etwas modifizierten Begriffen. Diese Autoren nennen eine mit einander verbundene Zellgruppe, die nur aus einer Generation besteht „Zönobien“, während dieselben Autoren eine mehrere Generationen enthaltende Zellgruppe als „Zellfamilien“ bezeichnen. Dieser Unterschied ist aber nicht, wie Senn (1899) schon hervorhob, immer stichhaltig, weil die Sache oft sehr verwickelt ist.

In den folgenden Zeilen werde ich diesbezügliche Beobachtungen bei den untersuchten Algen im einzelnen mitteilen

Chlorella l. bildet unter keinen Umständen Zönobien.

Stichococcus v. ist im normalen Zustande niemals zu Fäden vereinigt. Bei einer Verzögerung des Wachstums kommt *Stichococcus* aber oft als ein fadenförmiges Zönobium vor. Nach Senn

gehören diese Zönobien zur ersten Kategorie, d.i., sie kommen nur durch Adhesion der Zellen zustande. Artari (1904, S. 609) fand diese Zerrformen in konzentrierten Zuckerlösungen. Ich beobachtete bei unserer Veriät dasselbe Bild in 22%-Glukosenährlösung (vergl. Tafel I, Fig. 12).

Daher scheint es wahrscheinlich, daß *Stichococcus* mit *Hormidium* Verwandtschaft hat. *Hormidium* ist aber im normalen Zustande eine fadenförmige Algengattung und ist immer mit Pyrenoid versehen. Infolge dieser beiden Unterscheidungsmerkmale vereinigen wir, im Gegensatze zur Meinung von Wille (1911, S. 71), die beiden Gattungen nicht (vergl. Brand 1913, S. 64 und Chodat 1913, S. 144-145).

Scenedesmus n. bildet im normalen Zustande vier zellige Zönobien, die durch die Verbindung der äußeren gallertigen Schichten von vier Zellen zustande kommen.

Senn hat einst hervorgehoben, daß *Scenedesmus obliquus* in sauerstoffreichen Flüssigkeiten freie Zellen bildet, während in luftarmen Lösungen Zönobienbildung vor sich geht (S. 72).

Grintzesco (l.c. S. 241) studierte bei der reinen Alge dieselbe Frage, und kam zu entgegengesetzten Schlüssen. Nach diesem Autor bildet *Scenedesmus obliquus* in der Luft Zönobien, und in luftarmen Medien oder im Vakuum kommt *Scenedesmus* nur ganz vereinzelt vor. Nach Grintzesco verursachen feste Nährsubstrate oder konzentrierte Nährlösungen auch die Isolierung der Zönobienzellen.

Nach den Resultaten von Senn könnte man an der Oberfläche des Wassers bei *Scenedesmus obliquus* kaum eine Zönobienbildung erwarten. Sehr wahrscheinlich sind Senns Resultate, teils auf Verunreinigung der Algen teils auf unbefriedigende Versuchsanordnungen zurückzuführen. Es ist aber möglich, daß die Algen der beiden Autoren zu zwei verschiedenen Rassen gehören.

Ich beabsichtigte bei *Scenedesmus n.* einen sicheren Beweis zu liefern. Meine Resultate waren aber ganz andere als die der beiden oben erwähnten Autoren.

Ich konnte mehrere Zönobien und kleinere, vereinzelte Zellen bei den Strichkulturen auf Agar- oder Gelatinenährböden beobachten. Beim tiefliegenden Teil der Strichkulturen in Gelatinenährböden beobachtete ich auch nicht nur kugelige, vereinzelte Zellen, sondern auch mehrere Zönobien, die aus spindelförmigen, ellipsoidischen, oder sogar aus kugeligen Zellen bestanden (vergl. Tafel III, Fig. 6–9).

Ganz ähnlich verhielt sich auch die Glukoseagarstrichkultur im sauerstoffarmen Medium, das ich mit Pyrogallol und Kalilauge herstellte (siehe weiter unten).

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, daß die Zönobien unserer oben genannten Varietät, soweit unsere Untersuchungen reichen, gegen den Mediumwechsel ganz indifferent sind. Nach Senn ist eine ähnliche Erscheinung bei *Scenedesmus caudatus* zu finden. Es bleibt nun aber noch die Frage übrig, ob meine Resultate auf ein Rassenmerkmal, oder auf Verschiedenheiten in der Versuchsmethodik zurückzuführen sind, was noch zukünftiger eingehender Studien bedarf.

An dieser Stelle möchte ich noch einige Worte über das *Dactylococcus*stadium des *Scenedesmus obliquus* hinzufügen. *Dactylococcus* wurde zuerst von Nägeli entdeckt und für eine besondere Gattung gehalten.

Gegen die Ansicht Nägelis wurden aber später von mehreren Autoren, namentlich von Grintzesco Einwendungen gemacht. Der letztere bewies nämlich, daß *Dactylococcus infusionum* Nägeli nichts anderes als eine Entwicklungsstufe von *Scenedesmus acutus* ist (1902. S. 245).

Ich konnte auch bei unserer Varietät das *Dactylococcusstadium* auf M- und Gl-Agar finden. In dieser Beziehung habe ich aber keine ausführlichen Versuche angestellt und verweise daher auf die Arbeit von Grintzesco (1902).

Chlorospacra putrida, sp. nov.

Diese Art bildet eine Zellgruppe, die aus einigen bis zu zahlreichen Individuen besteht. Jede Zelle ist mit einer zweischichtigen Zellwand versehen. Die äußere Schicht ist gallertig und dient zur Verbindung der Zellen. Diese Zellgruppe kann durch die Zusammenlagerung von Aplanosporen an Größe zunehmen. Sie ist nach Senn als eine Zellfamilie aufzufassen, weil sie mehrere Generationen enthält.

Ich versuchte festzustellen, in welchem Zusammenhang die Formen der Zellfamilie und die Nährlösungen stehen. Die Resultate sind wie folgt:

Kulturdauer: 20/V—22/VI—22/IX.

M-L	m.M. ¹⁾ Große Zellfamilien.
M-L+Gl. 1%	s.g.M. Zellen kommen vereinzelt vor. Zahlreiche Zoosporen sprießen hervor.
M-L ohne $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CaCl}_2$ 0.1%	ger.M. Ziemlich große Zellfamilien.
M-L ohne $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CaCl}_2$ 0.1% + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.1%	g. M. Zellwand dünn. Einige Zellen sind sehr lose mit einander verbunden. Die Nährlösung wurde deutlich sauer.
Dest. Wasser	s.ger.M. Ziemlich große Zellfamilien.

Die kleine Zellfamilie der dritten Kultur löste sich durch Schütteln leicht auf. Merkwürdigerweise konnten sich die Bakterien wegen der Säurebildung der Algen in dieser Kultur

1) Um die Wachstummenge der Algen qualitativ zu bezeichnen, werde ich später in meiner Arbeit die folgenden Abkürzungen brauchen:

s.g.M.=sehr große Menge, g.M.=große Menge, m.M.=mäßige Menge
ger.M.=geringe Menge, s.ger.M.=sehr geringe Menge, k.W.=kein Wachsen.

nicht stark entwickeln. Diese Kultur lieferte daher ein gutes Impfmateriel für die Herstellung einer Reinkultur.

Chlamydomonas koishikavensis, sp. nov.

An ihren natürlichen Standorten entwickeln sich die Chlamydomonaden plötzlich und schwärmen nur kurze Zeit, um bald zum Stillstand zu kommen.

Bei der Kultur von Chlamydomonaden sieht man den beweglichen Zustand auch nur kurze Zeit. Sie verwandeln sich bald in den „Palmellazustand.“ So beobachtete ich bei passender Temperatur den nur kurze Zeit dauernden beweglichen Zustand in $\frac{1}{2}$ M-L wie auch in der Gl-L und anderen passenden Nährlösungen. Weiteres hierüber findet sich im Abschnitt 5.

Auch im Palmellazustand können die Algen wachsen. Bei Agarkulturen sieht man nur ein solches Wachstum. Ich konnte aber nur einmal bewegliche Zellen auf dem Glukosenähragar im Treibhaus beobachten.

Das Vorkommen des Palmellazustandes beruht auf der Verquickung der Zellmembranen, wodurch einzelne Zellen sich mit einander verbinden. Die verbundenen Zellen besitzen eine allgemeine Membran. Infolge weiteren Teilungen bildet jede Zelle einen weiteren Zellkomplex. So können wir bei frischen Kulturen in einander geschachtelte Membranen beobachten. Dies wurde schon von Goroschankin (1890) mittels ausgezeichneter Tafeln gezeigt.

Bei stickstoffarmer Nährlösung konnte ich leicht die Entwicklung solcher Membranen verfolgen, weil hier das Wachstum der Algen sehr langsam ist. Auf Mineralsalz- oder Glukoseagar bilden die Algen schnell einen großen Zellkomplex, den eine gemeinsame Membran umgibt. Dabei war jede Zelle mit zweischichtiger Gallerte umgeben, und die eigentliche Zellwand erschien etwas verdickt.

Mir scheint die Form des Palmellazustandes bei den Chlamydomonaden nicht anders zu sein als die von *Gloeocapsa*, *Gloeocystis* u.a. Man ist daher nach Senn berechtigt einen Zellkomplex im Palmellazustande der Chlamydomonaden eine Zellfamilie zu nennen.

In der $\frac{1}{2}$ M-L oder Gl-L bildete unsere Art einen großen Zellkomplex. In der M-L, die insofern eine Abweichung von der normalen zeigte, als anstatt Kalziumnitrats Ammonsulfat und Kalziumchlorid benutzt wurden, entwickelte sich ein kleiner lose verbundener Zellkomplex, und die Nährlösung wurde deutlich sauer. Diese Kultur gab ein vortreffliches Impfmateriel für die Erlangung der Reinkultur ab,

Im destillierten Wasser entwickelte sich *Chlamydomonas koishikarensis* zu einer aus 1–6 runden Zellen bestehenden Zellgruppe.

3. Polymorphismus der Algen.

Bezüglich des Polymorphismus der Algen kann man die Angaben von Senn (1899), Burton und Livingston (1900), Grintzesco ('02), Artari (1904) und besonders von Chodat (1909) zum Vergleich ziehen.

Es ist das Verdienst von Chodat, daß er mit Hilfe vieler reinen Kulturen die Entwicklungsgeschichte und damit die Beständigkeit der Algenarten bewiesen hat. Hansgirg (1885, S. 280) hatte sich einst dahin geäußert, daß einzellige Algen, wie *Protococcus*, *Palmella*, *Gloeocystis* und *Stichococcus*, aus fadenförmigen Algen, wie Ulotrichaceen und Chaetophoraceen entstehen. Diese Ansicht war ganz hypothetisch, weil Hansgirg keinen sicheren Beweis dafür gab. Nach Chodat (1909) geht eine Alge, wenn auch polymorph, nie in andere Algen über.

Chodat versteht unter „Polymorphismus“: „qu'une plante peut se présenter sous plusieurs aspects sans changer de nature.“ Somit

unterscheidet sich Polymorphismus klar von der Evolution. Chodat sagt in seiner Arbeit (1909, S. 148): „nous cultivons depuis de longues années toute espèce de Bactéries, de Mycètes, d'Algues et jamais nous n'avons constaté la moindre transformation de ces plantes les unes dans les autres.“

Im Folgenden will ich kurz meine Resultate zeigen:

Chlorella vulgaris, Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Diese Alge ist in Bezug auf die Größe sehr variabel, d.i., ihr Durchmesser ist 3–10 μ , sogar 15 μ . Immerhin ist sie der Form nach ziemlich konstant (vergl. auch die Angaben von Chodat und Grintzesc o).

Ganz eigentümlicherweise beobachtete ich aber in einer 24%-Glukoselösung unregelmäßig polygonalförmige Zellen. Die Zellwand verdickte sich sehr stark, und jede Zellwand bestand aus vielen Lamellen.

Die Form des Chromatophors ist stark veränderlich. Bei alten Kulturen in Glukosenährmedien wird das Chromatophor völlig zerbrochen, und es treten einzelne grüne Körper auf. In diesem Zustand kann man keine Merkmale der Gattung *Chlorella* wahrnehmen.

Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis*, var. nov.

Diese Varietät ist auch in der Größe sehr variabel; so schwankt die Länge der Zelle zwischen 3 bis 30 μ , die Dicke bleibt aber ziemlich konstant 2–3 μ .

Der Form nach ist sie ziemlich konstant, doch konnte ich einige interessante Variationsformen feststellen, wie aus dem folgenden ersichtlich ist:

$\frac{1}{2}$ M-L, M-Agar ¹⁾ und M-Gelatine	Die Zellen sind gerade, kurz zylindrisch.
Gl-Agar	Die Zellen sind gerade oder gekrümmt, länglich-zylindrisch, oft oval, kugelig, oder kurz zylindrisch.
Gl-Gelatine	Die Zellen sind gerade, länglich-zylindrisch, oft gekrümmt.
Gl-Agar + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.5%	Zellformen wie bei Gl-Agar.
„ + Pepton 0.5%	Fast wie oben, aber etwas kleiner.
„ + KNO_3 0.5%	Die Zellen sind ziemlich polymorph: länglich-zylindrisch oval, ellipsoidisch oder kugelig.
„ + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5%	Die Zellen sind zylindrisch, oval oder unregelmäßig kugelig, oft am Ende verzweigt.
„ + NH_4Cl 0.5%	Die Zellen sind oval, oft sehr unregelmäßig.
„ + Harnstoff 0.5%	Die meisten Zellen sind am Ende verzweigt.
„ + Asparagin 0.5%	Die Zellen sind länglich zylindrisch, oft mit einem Fortsatze an der Seite der Zellen.

Die zu zweien, dreien, vierten oder mehr in Verbindung bleibenden kettenförmigen Formen wurden schon von Artari (1904, S. 609) bei konzentrierten Zuckerlösungen beobachtet. Auch ich konnte sie bei unserer Varietät in 22% Glukoselösung wahrnehmen (vergl. Tafel I, Fig. 12).

Das Chromatophor ist im normalen Zustande der Algen plattenförmig; im schlechten Zustande wird es unregelmäßig und ganz zerbrochen.

Scenedesmus obliquus Ktz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Der Polymorphismus dieser Art wurde schon eingehend von Chodat (1909) und Grintzesco (a. a. O.) untersucht. Es scheint daher überflüssig hier näher darauf einzugehen. Die fol-

1) Die Agarkultur in dieser und folgenden Tabellen bezieht sich nur auf einer Strickkultur, die Gelatinekultur aber auf einer Stiehkultur.

genden Beschreibungen könnten jedoch als eine Nachprüfung mit einer neuen Varietät gelten.

$\frac{1}{2}$ M-L	Die Zellen sind spindelförmig; Spitze der Zellen stark akut. Vereinzelt oder als Zönobien vorkommend.
M-Agar	Die Zellen sind spindelförmig. Spitze der Zellen schwach akut. Vereinzelt oder als Zönobien vorkommend.
Gl-L	Die Zellen sind spindelförmig, und mit schwach akuter Spitze versehen, oft ellipsoidisch. Vereinzelt oder als Zönobien vorkommend.
Gl-Agar	Ähnlich wie oben, oft kommen aber kugelige Zellen vor.
M-Gelatine	Einige Zellen sind spindelförmig; die meisten Zellen sind aber ellipsoidisch oder kugelig. Merkwürdigerweise entstehen die Zönobien oft aus kugeligen Zellen.
Gl-Gelatine	Die Zellen sind ellipsoidisch oder kugelig. Hier entstehen die Zönobien oft aus kugeligen Zellen.

Das Chromatophor ist im normalen Zustande patrietal und mit einer Spalte versehen; im schlechten Zustande ist es völlig zerbrochen,

Chlorosphaera putrida, sp. nov.

Diese Art ist auch in der Form ziemlich konstant. Sie ist kugelig oder ellipsoidisch. Dagegen ist die Größe der Zellen stark variabel.

$\frac{1}{2}$ M-L und M-Agar	Die Zellen sind 6–20 μ lang, die meisten Zellen aber 10–20 μ . Aplanosporen sind ellipsoidisch, etwa 4 \times 6 μ groß.
Gl-Agar	Schwärmerbildung findet statt; Schwärmer etwa 3 \times 6 μ groß.
7 und 10% Gl-L ¹⁾	Die Zellwand ist stark verdickt; jede Wand zeigt deutliche Lamellen.

Das Chromatophor ist netzförmig und hohlkugelig. Beim Stadium der Sporenbildung wird es undeutlich.

1) Der M-L wurden 7 und 10% Glukose zugesetzt.

Chlamydomonas koishikavensis, sp. nov.

Diese Art ist wie andere Chlamydomonaden stark polymorph. Im unbeweglichen, aber normalen Zustande ist sie oval oder kugelig; im abnormalen Zustande ist sie aber sehr unregelmäßig gestaltet.

$\frac{1}{3}$ M-L	Kugelig 8–10 μ , oder oval 8 \times 14 μ .
2% Gl-L	Kugelig 10–14 μ , oder oval 12 \times 14 μ .
3,4 und 5% Gl-L	Kugelig, nierenförmig oder sehr unregelmäßig gestaltet, oft kommen sehr große Zellen vor. Die äußere Zellwand quillt sehr stark und zeigt deutliche Lamellen (vergl. Tafel. I, Fig. 16, 17, 18).
M-Gelatine	Oval, kugelig oder sogar polyedrisch, 20–30 μ lang.
Gl-Gelatine	Kugelig 20–30 μ , oft sogar 40 μ groß.

Das Chromatophor ist im normalen Zustande tief becherförmig; im schlechten Zustande wird es stark granuliert, so daß die Form undeutlich wird.

Fassen wir die obigen Resultate zusammen, so können wir daraus schließen, daß unsere fünf Algen den Polymorphismus im höheren Grade bei den mit Glukose versehenen Nährmedien als bei den nicht damit versehenen zeigen. Bei Gl-L beobachten wir den Polymorphismus proportional zum Zuckergehalt in einem höheren Grade. Diese Resultate stimmen vollkommen mit denen von Senn, Burton und Livingston überein. Nach Senn (l.c., S. 71) wird die dicke Form von *Scenedesmus acutus* (= *Sc. obliquus*.) durch stark konzentrierte Lösungen verursacht. Ich konnte auch stark verdickte Zellen bei unserer Varietät derselben Art in 5%–Glukoselösung feststellen. Nach Burton und Livingston (l.c., S. 299) hängt der Polymorphismus von *Stigeoclonium tenue* auch mit dem osmotischem Druck der Nährlösung zusammen. Man kann aber nicht behaupten, daß der Polymorphismus der Algen ausschließlich

vom osmotischen Druck abhängt. In gewissen Fällen müssen wir den Polymorphismus tatsächlich eine Eigenschaft der Algen nennen. So müssen z. B. die kugeligen Zellen beim *Palmella*-Zustand von *Chlamydomonas*, oder die *Dactylococcus*-Form von *Scenedesmus obliquus* zu einer Entwicklungsform der betreffenden Alge gehören.

Hier muß ich noch einiges über die Unbeständigkeit der variierten Formen von polymorphen Algen hinzufügen. Grintzesco (l.c., S. 248-254) hat schon bei seinen ausführlichen Versuchen beobachtet, daß die Variation von *Scenedesmus acutus* nur vorübergehend ist. Dies wurde von Chodat (1909) bei zahlreichen Algen bestätigt. Meine Resultate stimmen ebenfalls mit denjenigen der oben genannten Autoren überein. Ich habe *Scenedesmus obliquus* Kütz. var. *non-liquefasciatus*, var. nov. schon drei Jahre lang in Glukoseagar kultiviert, indem ich die Überimpfungen darin schon mehr als zehn Male ausgeführt habe. Die ellipsoidischen und die mit schwach akuter Spitze versehenen, spindelförmigen Algen, die sich im Gl-Agar entwickelten, veränderten sich bald nach der Überimpfung in eine Minerallösung in der Weise, daß die Algen mit stark akuten Zellenden versehene, spindelförmige Zellen aufwiesen. Wir haben es also bei den Variation von *Scenedesmus* nach Jollos (1914) mit einem Beispiel von temporärer Modifikation zu tun.

4. Bedingungen der Schwärmer- und Gametenbildung.

Es ist ein großes Verdienst von Klebs (1896), zum ersten Mal ausführliche Untersuchungen über die Bedingungen der Zoosporen- und Gametenbildung durchgeführt zu haben. Es ist aber zu bedauern, daß sich seine konsequenten Resultate auf spezies-reine oder unreine Kulturen begründeten. Es scheint daher nicht überflüssig Nachprüfungen mit reinen Algen angestellt zu haben.

Zunächst schicke ich die Bedingungen für die Zoosporenbildung bei *Chlorosphaera putrida* voraus.

Klebs (l.c., S. 3-89) studierte besonders eingehend die Bedingungen der Zoosporenbildung bei *Vaucheria*. So wurde z. B. die Zoosporenbildung durch Lichtmangel, Mediumwechsel (Übergießen der Algen aus der Nährlösung ins Wasser), Temperatur-Wechsel (Übertragen von niederer Temperatur in die Optimal-Temperatur) und durch Zuckerarten gefördert. Hingegen konnte er, im Gegensatz zur Beobachtung von Walz (1868, S. 499), keine fördernde Wirkung vermittels Durchlüftung bestätigen.

Meine Resultate stimmten im großen und ganzen mit denen von Klebs überein. Sie seien im folgenden kurz angeführt.

a) Einfluß des Zuckers.

Chlorosphaera p. bildet üppige Zoosporen auf Glukosenähragar. Nach Klebs (l.c., S. 14) ist *Vaucheria* nur innerhalb der Flüssigkeit imstande Zoosporen zu bilden, was bei unserer Alge ganz anders ist.

Ich untersuchte den Einfluß der verschiedenen C-Verbindungen. Jede C-Verbindung wurde auf M-Agar in einer Dosis von 1% zugesetzt. Nach den Untersuchungen ließ sich annehmen, daß Glukose, Galaktose, Mannit, Raffinose, und Laktose, die Zoosporenbildung fördern. Die Wirkungen der Saccharose und Maltose waren sehr schwach. Bei Anwendung von Mannose und Glyzerin wurde die Zoosporenbildung völlig retadiert. Auch auf M-Agar entstanden die Schwärmer besonders im Sommer; dabei bildet jedoch ein großer Teil der Algen Aplanosporen.

Außerdem untersuchte ich die Beziehung der Zoosporenbildung zu den Konzentrationen von Glukose. Auf Glukoseagar, die 0.5-, 1- und 2%- Glukose enthielten, konnte ich eine üppige Zoosporenentwicklung finden, bei 10%-Gl-Agar aber nicht.

b) Einfluß der Temperatur.

Im Sommer entwickeln sich die Zoosporen nicht nur auf Glukoseagar, sondern auch auf Mineralagar. Im November bis Dezember ist das Wachstum und damit auch die Zoosporenbildung sehr schwach. Im Januar (Kulturdauer: 13/I–18/II) ist das Wachstum sehr schlecht, und die Zoosporenbildung ist völlig sistiert. Ein Kontrollversuch mit M-Agar im Treibhaus (ca. 20°C) produzierte dagegen reichlich Zoosporen. Da wir aber keinen Thermostat für Lichtkulturen besitzen, wurde der Einfluß der Temperatur noch nicht eingehend untersucht. Es ist jedoch sicher, daß die Zoosporenbildung von *Chlorosphaera* bei ziemlich niedriger Temperatur (im Dezember) stattfinden kann. Nach Klebs (l.e., S. 41) liegt die Minimal-Temperatur bei *Vaucheria* bei 3°C.

c) Mediumwechsel.

Nach Klebs (l.e., S. 60) wird eine Zoosporenbildung schon durch das Übertragen einer in 0.05% Nährlösung hergestellten Kultur ins Wasser hervorgerufen. Dabei ist aber Dunkelheit erforderlich, um eine lebhafte Zoosporenbildung zu verursachen. Meine eigenen Versuche ergaben die gleichen Resultate. Auf M-Agar ins Ruhen getretene Algen wurden in destilliertes Wasser, oder Leitungswasser gegossen, und dann teils im Dunkeln gehalten, teils dem Sonnenlichte¹⁾ direkt ausgesetzt. Die Zoosporen entwickelten sich aber nur bei der Dunkelkultur.

d) Einfluß des Lichtes.

Der obige Versuch läßt erkennen, daß für die Zoosporenbildung von *Chlorosphaera p.* Dunkelheit notwendig ist. Weiterhin habe ich den Einfluß des Lichtes auf Glukoseagarkulturen untersucht. Die Zoosporen entwickelten sich ebenso reichlich in direktem Sonnenlichte¹⁾,

1) Das Sonnenlicht fiel durch das Fenster auf die Algen.

wie im Dunkeln. Die Zoosporen, die sich im Dunkeln entwickelt hatten, waren aber reichlich mit „Granula“ gefüllt und schmutzig grün.

e) Einfluß des Sauerstoffs.

Klebs (l.c., S. 72-81) fand, daß ein Wechsel des Wassers, eine Durchlüftung, und eine Durchleitung von Sauerstoff oder Ozon keine fördernde Wirkung auf die Zoosporenbildung ausübten. Derselbe Autor bestätigte auch, daß die Verringerung des Sauerstoffgehaltes den Prozeß nicht hindert.

Bei meinen Versuchen handelt es sich nur um Stielkulturen im Glukoseagar. Dabei entwickelten sich die Zoosporen an der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 2.5 cm des Algenbelags. Tiefer als 2.5 cm konnte ich keine Zoosporen mehr finden. Diese Erscheinung läßt sich durch die Resultate von Klebs erklären. Nach Klebs findet keine Zoosporenbildung von *Vaucheria* bei einem Luftdruck von 0–20 mm statt; erst in einem solchen von 30 mm wurde sie veranlaßt.

Gametenbildung von *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov.

Klebs (l.c., S. 429-438) konstatierte bei der Gametenbildung von *Chlamydomonas media* eine fördernde Wirkung infolge von Nährsalzmangel, Licht, und Temperaturwechsel (Übertragen aus niedriger Temperatur in die Optimal-Temperatur). Meine diesbezüglichen Untersuchungen bei *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov. waren unvollkommen. Jedoch konnte ich den durch Nährsalzmangel und Licht hervorgerufenen Einfluß bestätigen. Bezüglich des Temperaturwechsels konnte ich nichts Bestimmtes feststellen.

Als Impfmateriel diente mir Mineralsalzagarkultur. Dies wurde in destilliertes Wasser oder Leitungswasser gegossen, und teils im Lichte¹⁾ und teils im Dunken gehalten. Nach fünf Tagen

1) Das Sonnenlicht fiel durch das Fenster auf die Algen.

(19/XI–24/XI) sah ich in der Lichtkultur üppige Gametenbildung, während ich in der Dunkelkultur Zoosporenbildung an Stelle der Gametenbildung fand.

Die Form der Gameten ist derjenigen der Zoosporen sehr ähnlich. Auch in Bezug auf die Größe sind die beiden sich oft sehr ähnlich. Im allgemeinen sind die Gameten etwas kleiner als die Zoosporen. Das entscheidende Unterscheidungsmerkmal ist aber die An- oder Abwesenheit der Zygotenbildung.

Merkwürdigerweise wurde die Gametenbildung von *Chlamydomonas k.* auch durch das Übertragen der Algen von M-Agar-kultur in $\frac{1}{2}$ M-L veranlaßt. Dabei verwandelt sich aber der größte Teil der Algen in palmellaähnliche Zellen, und nur ein kleiner Teil davon ist an der Gametenbildung beteiligt. Nach Klebs hemmt 0.05%- NaNO_3 -Lösung schon deutlich die Gametenbildung bei *Chlamydomonas media*. Es ist sehr fraglich, ob die retardierte Gametenbildung bei unserer Alge sich auf die hemmende Wirkung des in der Nährlösung enthaltenen Nitrats zurückführen läßt. Daher versuchte ich nochmals den Einfluß der stickstoffarmen Nährflüssigkeit auf die Gametenbildung. Die Nährflüssigkeit war dabei die anstatt des Kalziumnitrats mit CaCl_2 versehene $\frac{1}{2}$ M-L. Die Kulturen wurden wieder an derselben Stelle teils dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, und teils im Dunkeln gehalten. Bei der Lichtkultur ergaben sich reichlich Gameten und weniger Zoosporen; bei der Dunkelkultur dagegen nur Zoosporen.

Es bleibt nun noch fraglich, ob die Gametenbildung bei der oben angegebenen stickstoffarmen Nährflüssigkeit wirklich auf den Stickstoffmangel, oder nur auf den Mediumwechsel, d.i., auf die Veränderung des osmotischen Druckes zurückzuführen ist.

V. Ernährungsphysiologie.

1. Reaktion der Nährlösung.

Betreffs der Reaktion der Nährlösung der Algen sind sich die Ansichten früherer Autoren nicht einig. Nach den Untersuchungen von Molisch (1896) sollten die Algen alkalische Reaktion bevorzugen. Später wurden davon aber viele Ausnahmen mitgeteilt, und wir haben keine allgemein gültige Reaktion. Man muß daher bei den einzelnen Algen spezifisch versuchen, ob die eine oder die andere Reaktion bevorzugt wird.

Aus dem folgenden sind die Resultate der verschiedenen Autoren ersichtlich. Es sollen hier aber nur die Resultate bei reinen Algen angeführt werden.

Autoren	Algen	Vorliebe für saure od. alkalische Nährmedien
Artari	<i>Chlorella vulgaris</i>	Alkalische Lösung
„	<i>Stichococcus bacillaris</i>	Saure L.
„	<i>Chlamydomonas Ehrenbergii</i>	Saure L.
Beijerinck	<i>Chlorella vulgaris</i>	Kultivierbar auf saurem Gelatinenährboden
„	<i>Scenedesmus acutus</i>	Do.
Kufferath	<i>Chlorella luteo-viridis</i> var. <i>lutescens</i>	Saure oder alkalische Lösung ist gleichgültig
Meinhold	Diatomeen	Alkalische Medien
Pringsheim, E.	<i>Euglena viridis</i>	Saure Medien
„	Schizophyceen	Schwach alkalische Medien
Richter, O.	Diatomeen	Alkalische Medien
„ ¹⁾	<i>Stichococcus bacillaris</i>	Üppiges Wachsen auf dem alkalischen Agar

Die Tabelle läßt uns klar erkennen, daß selbst bei ein und

1) Siehe 1911, S. 99.

derselben Alge die Resultate der verschiedenen Autoren nicht übereinstimmen. Dieser Widerspruch beruht sehr wahrscheinlich teils auf der Verschiedenheit der Rassen, teils auf den ungleichen Nährmedien.

Um die Frage zu entscheiden, ob unsere Algen in sauren oder alkalischen Nährlösungen besser gedeihen, stellte ich folgende Kulturversuche mit Artarischer Nährflüssigkeit an.

Artarische Nährflüssigkeit:

Glukose	1	%
NH ₄ NO ₃	0.25	„
KH ₂ PO ₄ od. K ₂ HPO ₄	0.2	„
MgSO ₄	0.025	„
FeCl ₃	Spur	

Die Nährlösung wurde zu je 50 cm³ in Erlenmeyer-Kolben von 200 cm³ Inhalt beschickt. Für jede Reaktion wurden zwei gleichartige Kulturen aufgestellt. Nach dreifacher Sterilisation im Dampftopfe wurden die Kolben mit Algen überimpft.

Impfmaterial: frische Glukoseagarkultur. Im diffusen Lichte. Zimmertemperatur. Versuchsbeginn: 11/VI.

Saure Nährlösung.

Protokolle am Algen	23/VI	3/VII	12/VII
<i>Chlorella l.</i>	g. M.	g. M.	g. M.
<i>Stichococcus v.</i>	ger. M.	ger. M.	ger. M.
<i>Scenedesmus n.</i>	s. ger. M.	s. ger. M.	m. M.
<i>Chlorosphaera p.</i>	m. M.	m. M.	m. M.
<i>Chlamydomonas k.</i>	ger. M.	ger. M.	ger. M.

Alkalische Nährlösung.

Protokolle am Algen	23/VI	3/VII	12/VII
<i>Chlorella l.</i>	g. M.	g. M.	g. M., ähnlich wie in saurer Lös.
<i>Stichococcus v.</i>	g. M.	g. M.	g. M., besser als in saurer Lös.
<i>Scenedesmus n.</i>	g. M.	g. M.	g. M., besser als in saurer Lös.
<i>Chlorosphaera p.</i>	m. M.	g. M.	g. M., besser als in saurer Lös.
<i>Chlamydomonas k.</i>	s. ger. M.	ger. M.	ger M., ähnlich wie in saurer Lös.

Hieraus geht deutlich hervor, daß *Stichococcus*, *Scenedesmus*, und *Chlorosphaera* in basischer Lösung besser als in saurer Lösung wachsen. Bei *Chlorella* ist es einerlei, ob sie in saurer oder basischer Lösung kultiviert wird. Eine Bevorzugung der sauren Lösung läßt sich bei *Chlamydomonas* aus obigem Versuche nicht erkennen; eine solche Vorliebe wurde aber bei der Untersuchung der Nährwerte der N-Verbindungen klar gestellt (vergl. V. 4).

Die Resultate bei *Chlorella* und *Stichococcus* sind ganz anders als die bei Artari. Hier liegt also sehr wahrscheinlich eine Verschiedenheit der Rassen zu Grunde. Meine Resultate schließen sich denen von Beijerinck über *Chlorella vulgaris*, und denjenigen von O. Richter bei *Stichococcus bacillaris* an. Es ist aber noch nicht entschieden, ob die Resultate von diesen Autoren auf einer Verschiedenheit der Rassen oder auf ungleichen Nährmedien beruhen.

Weitere Untersuchungen wurden mit einer anderen Nährlösung angestellt. Die Grundlösung war dabei die folgende:

NH_4NO_3	1 g
KCl	0.25 „
K_2HPO_4 od. KH_2PO_4	0.25 „
MgSO_4	0.25 „

Diese Stoffe wurden in 1000 cm³ destillierten Wassers gelöst.

Diese Grundlösung wurde mit der doppelten Quantität Wasser

verdünnt. Dann wurde nochmals Glukose in einer Dosis von 1% zugesetzt. Versuchsbeginn: 15/VII.

Saure Nährlösung.

Protokolle am Algen	23/VII	6/VIII	10/IX
<i>Chlorella l.</i>	ger. M.	g. M.	g. M.
<i>Stichococcus v.</i>	m. M.	g. M.	g. M.
<i>Scenedesmus n.</i>	ger. M.	ger. M.	m. M.
<i>Chlorosphaera p.</i>	ger. M.	ger. M.	g. M.
<i>Chlamydomonas k.</i>	m. M.	m. M.	g. M.

Alkalische Nährlösung.

Protokolle am Algen	23/VII	6/VIII	10/IX
<i>Chlorella l.</i>	ger. M.	g. M.	g. M., ähnlich wie in KH_2PO_4 .
<i>Stichococcus v.</i>	m. M.	g. M.	g. M., ähnlich wie in KH_2PO_4 .
<i>Scenedesmus n.</i>	s. ger. M.	s. ger. M.	ger. M., schwächer als in KH_2PO_4 .
<i>Chlorosphaera p.</i>	ger. M.	ger. M.	g. M., schwächer als in KH_2PO_4 .
<i>Chlamydomonas k.</i>	ger. M.	m. M.	g. M., ähnlich wie in KH_2PO_4 .

Aus diesen und den vorigen Versuchen folgt, daß das Verhalten der Algen bezüglich der Reaktion der Nährlösung von der Zusammensetzung der letzteren stark abhängig ist. Außerdem muß man die Azidität oder Alkalität berücksichtigen. Jedenfalls konnte ich zu dem Schluß kommen, daß, soweit meine Versuche in Betracht kommen, die Algen, abgesehen von *Chlamydomonas*, keine besondere Vorliebe für die saure oder alkalische Reaktion der Nährmedien haben. Die Sache liegt jedoch anders bei *Chlamydomonas*. Nach den obigen beiden Versuchen ist, wenn auch nur in geringen Maße, eine Bevorzugung der sauren Reaktion zu

bemerken. Dies wurde später bestätigt (vergl. Kapitel 4 des vorliegenden Abschnittes).

2. Verflüssigung der Gelatine.

In diesem Kapitel ist die Arbeit von Beijerinck an erster Stelle zu berücksichtigen. 1890 entdeckte Beijerinck (S. 729, 762) die Gelatineverflüssigung von *Scenedesmus acutus* und *Chlorosphaera limicola*. Dieses Vermögen ist aber bei *Scenedesmus acutus* nach wiederholter Züchtung verloren gegangen (vergl. Beijerinck 1893, S. 368).

Die Gelatineverflüssigung von *Scenedesmus acutus* wurde später auch von Grintzesco (1902, S. 407) und Chodat (1913) beobachtet. Nach dem letzteren Autor gibt es einige Rassen von *Scenedesmus acutus*, die durch mehr oder weniger merkliches Verflüssigungsvermögen ausgezeichnet sind (l.c., S. 30). Nach demselben Autor sind auch *Stichococcus bacillaris* und *St. minor*, wenn auch nur schwach, imstande die Gelatine zu verflüssigen (l.c., S. 148, 158).

Bei meinen eigenen Versuchen dienten mir sowohl M-Gelatine, als auch Gl-Gelatine. Diese hatten, wegen der Gelatine, ziemlich stark saure Reaktion. Die Versuchsanstellung war die bisherige: Zimmertemperatur; diffuses Licht.

Kulturdauer : 2/X, 1912 – 1/V, 1913.

	Stichkultur mit M-Gelatine	Stichkultur mit Gl-Gelatine
<i>Chlorella l.</i>	m. M., keine Verflüssigung.	m. M., keine Verflüssigung.
<i>Stichococcus r.</i>	m. M., keine Verflüssigung.	m. M., keine Verflüssigung.
<i>Scenedesmus n.</i>	ger.M., keine Verflüssigung.	ger.M., keine Verflüssigung.

Die Versuche bei *Scenedesmus n.* wurden mit anderen Nährböden, und zwar mit verschiedenen Konzentrationen der Glukose wiederholt.

Kulturdauer 2/X-2/XI.

Kontrolle (M-Gelatine)	m. M., keine Verflüssigung.
+ 0.05% Glukose	m. M., keine Verflüssigung.
+ 0.1 „ „	m. M., keine Verflüssigung.
+ 0.5 „ „	m. M., keine Verflüssigung.
+ 1.0 „ „	m. M., aber die größte M., keine Verflüssigung.
+ 2.0 „ „	m. M., keine Verflüssigung.
+ 5.0 „ „	ger. M., keine Verflüssigung.
+ 10.0 „ „	ger. M., keine Verflüssigung.

Weitere Versuche wurden mit anderen Nährböden ausgeführt. Dieselben wurden wie folgt hergestellt.

Mineralsalzgelatine : M-L + Gelatine 13%

Glukosegelatine : Mineralsalzgelatine + 2% Glukose.

Versuchsdauer 22/XII - 6/III.

	Mineralsalzgelatine- stichkultur.	Glukosegelatinestichkultur.
<i>Chlorella l.</i>	m. M., keine Verflüssigung.	g. M., keine Verflüssigung.
<i>Stichococcus v.</i>	m. M., keine Verflüssigung.	g. M., keine Verflüssigung.
<i>Scenedesmus n.</i>	ger. M., keine Verflüssigung.	ger. M., keine Verflüssigung.
<i>Chlorosphaera p.</i>	ger. M., keine Verflüssigung.	g. M., mit deutlicher Verfl.
<i>Chlamydomonas k.</i>	ger. M., keine Verflüssigung.	m. M., keine Verfl.

Aus den obigen Versuchen geht hervor, daß die untersuchten Algen, abgesehen von *Chlorosphaera putrida*, kein Verflüssigungsvermögen besitzen. Auf Grund dieser Tatsachen ist es klar, daß sich die von mir kultivierten Algen, *Stichococcus v.* und *Scenedesmus n.* deutlich von ihren Stammarten unterscheiden lassen.

Das Verflüssigungsvermögen ist, wie Gr int z e s c o (l.c., S. 410) bei *Scenedesmus acutus* beobachtete, vom Wachstum abhängig.

So findet bei Glukosegelatinekultur von *Chlorosphaera p.* eine deutliche Verflüssigung statt, während dieselbe bei der Mineralsalzgelatinekultur völlig fehlt.

Zum Schluß seien noch einige Worte über die Abwesenheit der Gelatineverflüssigung bei *Scenedesmus n.* angeführt.

Im allgemeinen ist das Wachstum unserer Alge auf und in Gelatinenährböden schwach. Doch darf man hieraus nicht schließen, daß das schlechte Wachstum die Hauptursache der Abwesenheit der Gelatineverflüssigung ist, weil ich dieselbe Tatsache auch bei ziemlich guter Entwicklung der Algen beobachten konnte.

Diese Erscheinung ist auch nicht einem Verschwinden des Verflüssigungsvermögens zuzuschreiben, das durch wiederholte Überimpfungen der Kulturen hervorgerufen war; denn den frischen Kulturen fehlt dieses Vermögen gleichfalls. Die Abwesenheit des Verflüssigungsvermögens bei unserer Alge muß somit mit ihrer Natur im Zusammenhange stehen.

3. Anaërobismus bei *Scenedesmus obliquus* Ktz. var.
non-liquefaciens, var. nov.

Grintzesco (1902, S. 260) machte uns zum ersten Mal darauf aufmerksam, daß *Scenedesmus acutus* in Gl-Agar eine anaërobe Entwicklung aufweist. Er beobachtete auch die anaërobe Entwicklung von *Chlorella vulgaris* Beij. auf Glukosegelatinenährböden (vergl. Grintzesco 1903, S. 70, 81). Ich konnte bei *Scenedesmus n.* dieselbe Entwicklung beobachten. Der Anaërobismus von *Chlorella vulgaris* ist aber nicht so auffallend, wie der bei *Scenedesmus n.*

Die folgenden Versuche beziehen sich nur auf den Anaërobismus von *Scenedesmus n.*

Zuerst untersuchte ich den Einfluß verschiedener C-Verbindungen auf den Anaërobismus. Alle C-Verbindungen wurden in einer

Dosis von 1% dem M-Agar zugesetzt (siehe „die Nährwerte der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen“).

Aus diesen Versuchen folgte, daß *Scenedesmus n.* bei Glukose, Galaktose, Sukrose, Laktose, Maltose, Mannose, und Mannit deutlich anaërob ist. Bei Raffinose, Inulin und Glyzerin ist das Wachstum schwach und der Anaërobismus infolgedessen undeutlich.

Nach Grintzesco (l.c., S. 425) ist *Scenedesmus acutus* imstande, wenn auch nur langsam, sogar im Vakuum zu wachsen. Um diese interessante Erscheinung und damit das Wesen des Anaërobismus klar zu stellen, stellte ich die folgenden Versuche an.

Dabei benutzte ich die Agarstrich- und Agarstichkultur sowohl im sauerstofffreien Medium, als auch in gewöhnlicher Luft. Für Bereitung des sauerstofffreien Mediums dienten mir Kalilauge- und Pyrogallollösung. Diese Mischung wurde in eine weite Röhre gegossen. Ein Drahtgestell, das sich am Boden der weiten Röhre befand, gestattete die Reagenzglaskultur hineinzusetzen. Die Röhre wurde mit einem Kautschukpfropfen luftdicht verschlossen, und einem diffusen Lichte ausgesetzt. Für jedes Medium wurden zwei gleichartige Kulturen hergestellt. Die Versuchsergebnisse waren die folgenden :

Kulturdauer : 18/II–10/V.

	Kontrollkultur in der Luft	O ₂ -freies Medium
M-Agar-Strichkultur.	ger. M. Algen grün, spindelförmig.	s.ger.M. Algen grün, spindelförmig od. ellipsoidisch.
M-Agar-Stichkultur.	ger. M. Algen grün, spindelförmig.	s.ger.M. Algen grün, spindelförmig od. ellipsoidisch.
M-Agar-Schüttelkultur.	Kolonien sind reicher tiefer im Agar.	Fast ähnlich wie die Kontrollkultur.
Gl-Agar-Strichkultur.	ger. M. Algen grün, spindelförmig od. ellipsoidisch.	s.ger.M. Algen grün, spindelförmig, ellipsoidisch sogar kugelig.
Gl-Agar-Stichkultur.	m. M. Algen grün, spindelförmig od. ellipsoidisch. Keine Gasbildung.	m.M. Algen grün, spindelförmig od. ellipsoidisch. Gasbildung wahrnehmbar.

Es ist interessant aus der obigen Tabelle zu ersehen, daß bei

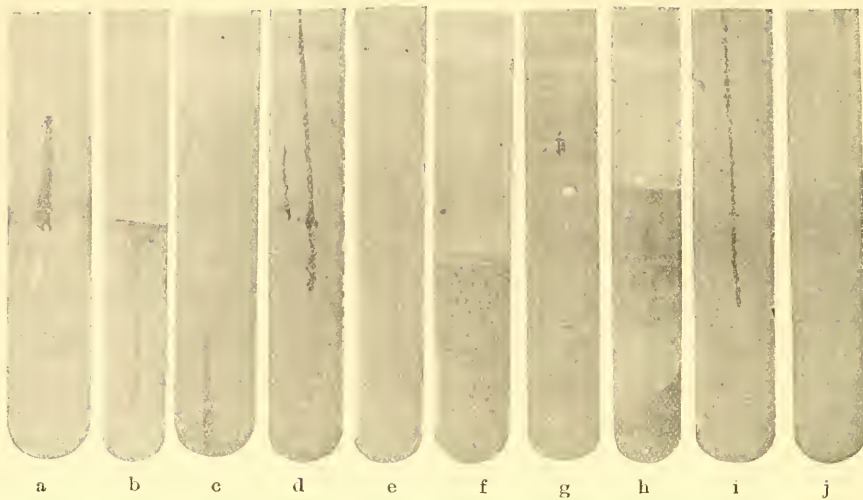


Fig. I.

Kultur von *Scenedesmus obliquus* Kütz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

- a. G1-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 18/II-13/V.
- b. „ -Stichkultur. „ „
- c. Stichkultur bei Richters G1-Agar. Kulturdauer: 11/I-13/V.
Aus den Entwicklungsformen des Belags in a, b und c erkennt man den Anaërobismus der Alge.
- d. M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer: 18/II-13/V.
- e. „ -Stichkultur. „ „
- f. Schüttelkultur bei Richters G1-Agar. Kulturdauer: 11/I-13/V.
- g. G1-Agar-Strichkultur in O₂-freiem Medium. Kulturdauer: 18/II-13/V.
- h. „ -Stichkultur „ „ „ „ „
man sieht hier eine bevorzugte Entwicklung und Gasbildung.
- i. M-Agar-Strichkultur in O₂-freiem Medium. Kulturdauer: 18/II-13/V.
- j. „ -Stichkultur „ „ „ „ „

Agarstrichkulturen die Alge eine schwächere Entwicklung im O₂-freien Medium als in der Luft aufweist. Bei Stich- und Schüttelkultur findet kein Unterschied der Entwicklung bei beiden Medien statt. Hieraus geht hervor, daß die geringe Menge des Sauerstoffs in der Agarmasse, die durch PyrogallolLösung nicht erschöpft werden kann, ausreicht, um *Scenedesmus* gedeihen zu lassen. Be-

merkwürdig ist auch, daß das fast vollkommen sauerstofffreie Medium ebensogut wie die Luft die Algenentwicklung schwächt.

Aus obigen Tatsachen geht deutlich hervor, daß unser *Scenedesmus* auf und im Gl-Agar fakultativ anaërob ist. Richtiger scheint es zu sagen, daß er mikroaërophil ist, weil seinem Gedeihen eine wenn auch nur minimale Menge von freiem Sauerstoff nützlich ist.

Hervorzuheben ist noch, daß beim sauerstofffreien Medium der Polymorphismus der Algen stark beschleunigt wurde.

Es fragt sich nun, ob die schwache Entwicklung bei Glukoseagarstrichkulturen nicht auf der Giftwirkung der Spaltungsprodukte der Glukose beruht. Wenn dies der Fall wäre, so sollte man erwarten, daß die Algenentwicklung sehr gut, oder wenigstens ziemlich gut sein müßte. Das trifft aber nicht zu.

Wenn man *Scenedesmus obliquus* var. *non-liquefasciens* eine gewisse Strecke lang auf einer Agarschräge abstreicht, so entwickelt sich die Alge nur auf einem kleinen Teil der überimpften Strecke (siehe, Tafel V, Fig. I. a).

Daß die Verfärbung bei der Strichkultur nur an der Außenseite des Algenbelags auftritt, und daß die Hinterseite desselben lange grün bleibt, zeigen uns auch zur Genüge, daß der Anaërobismus nie im Zusammenhange mit der Giftwirkung der Spaltungsprodukte der Glukose steht. Man darf annehmen, daß die schlechte Entwicklung, eventuell das Absterben von *Scenedesmus* auf der Oberseite der Strichkultur, auf eine direkte Wirkung der Luft zurückzuführen ist.

Die Veränderung der physiologischen Eigenschaften unserer Alge durch Mediumwechsel ist, wie schon Grintzesco (1903, S. 81) betonte, der veränderlichen Natur derselben zuzuschreiben. Man könnte an eine ökologische Bedeutung denken, weil die Alge

beim sauerstoffarmen und zuckerreichen Medium zweifellos im Kampf ums Dasein siegt.

4. Nährwerte der verschiedenen N-Verbindungen.

Es sind uns bei *Chlorella* einige Arten bekannt, die aber durch morphologische Merkmale von einander nicht deutlich zu unterscheiden sind. Artari (1906) beobachtete zum ersten Mal daß die *Chlorella*-Arten bezüglich ihrer physiologischen Merkmale sehr verschieden sind. So konnte er vermittels der Nährwerte der verschiedenen N- und C-Verbindungen eine neue physiologische Art, *Chlorella communis* feststellen (siehe Artari 1906, S. 189).

In seiner im Jahre 1913 erschienenen Arbeit beschrieb er aber die oben erwähnte Alge unter dem Namen von *Chlorella vulgaris* Ktz. var. *communis*¹⁾ Artari (siehe, S. 432, 451).

Nach Artari soll sich *Chlorella communis* durch die Nährwerte der N-Verbindungen von *Chlorella vulgaris* Beij. unterscheiden. Dieser Unterschied ist aber auf die Verschiedenheit der Nährmedien der beiden Autoren zurückzuführen. Beijerinck (1890) benutzte mit Leitungswasser gemischte Gelatine, der nochmals N-Verbindung zugesetzt wurde; dagegen benutzte Artari die Nährlösung. Grintzesco (1903) fand aber auf einem Gelatinenährboden, dessen Herstellung mit dem Beijerinckschen nicht identisch ist, daß für *Chlorella vulgaris* Pepton keine bessere N-Quelle als Nitrat ist.

Danach ist es klar, daß die Nährwerte der N-Verbindungen für *Chlorella*-Arten je nach den Nährmedien variabel sind. Man muß daher immer ein und dasselbe Nährmedium benutzen, um

1) Nach meiner Meinung scheint das sichere Unterscheidungsmerkmal von *Chlorella vulgaris* Grintz. und *Chlorella communis* die Verschiedenheit der Chlorophyllbildung im Dunkeln zu sein. Nach Grintzesco ist die erstere Art im Dunkeln schön grün, dagegen ist nach Artari die letztere im Dunkeln gelbgrün (vergl. auch VI).

die Nährwerte irgend eines Stoffes für die verschiedenen Algen zu bestimmen.

Was die Ernährung von *Stichococcus bacillaris* betrifft, so belehren uns darüber die Arbeiten von Artari (1906), Matruchot et Molliard (1902) und Chodat (1913).

Über die Ernährungsphysiologie von *Scenedesmus* haben uns die Arbeiten von Grintzesco (1902) und Chodat (1913) Aufklärung gegeben.

Über *Chlorosphaera* ist die diesbezügliche Literatur gering. *Chlorosphaera limicola* wurde von Beijerinck (1890) rein gezüchtet, doch nicht eingehend untersucht.

Bezüglich der Reinkulturen von *Chlamydomonas* sind die Arbeiten von Chodat über *Chlamydomonas intermedia* (1913) und bezüglich *Ch. Ehrenbergii* diejenigen von Artari (1913) hervorzuheben. Die Untersuchung des letzteren Autors ist ziemlich ausführlich, obwohl noch manches zu untersuchen übrig bleibt.

Im Folgenden werde ich nunmehr die Resultate unserer Versuche beschreiben.

Bei den Versuchen kam die Artarische Nährlösung in folgender Zusammensetzung zur Anwendung:

Glukose	1	%
---------	---	---

K ₂ HPO ₄	0.1	„
---------------------------------	-----	---

MgSO ₄	0.025	„
-------------------	-------	---

FeCl ₃	Spur	
-------------------	------	--

N-Verb.	0.5%	(nur Harnstoff in einer Dosis von 0.1%)
---------	------	---

Die Nährlösung wurde zu je 50 cm³ in Kolben von 200 cm³ Inhalt verteilt. Nach dreimaliger Sterilisation im Kochschen Dampfstopfe wurden die Kolben mit frischen Algen aus einer Glukoseagarkultur überimpft.

Kulturbedingungen: diffuses Licht; Zimmertemperatur.

Um die relative Wachstummenge der Algen zu bezeichnen, werden später Ziffern dafür angewandt werden. So zeigt I, die größte Wachstummenge, und II, III... zeigen in der Reihenfolge die niedrigeren Wachstummengen.

a) *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Anfang: 20/XI N-Quelle.	27/I	5/III
KNO ₂	s. ger. M. IX, hellgrün.	ger. M. IX, gelbgrün.
KNO ₃	ger. M. IV, gelbgrün.	m. M. V, dunkelgrün.
Ca(NO ₃) ₂	ger. M. V, gelbgrün.	m. M. VII, dunkelgrün.
NH ₄ NO ₃	g. M. II, gelbgrün.	g. M. IV, dunkelgrün.
(NH ₄) ₂ SO ₄	g. M. I, dunkelgrün.	g. M. I, dunkelgrün.
Harnstoff	g. M. III, gelbgrün.	g. M. III, dunkelgrün.
Glykokoll	ger. M. VII, gelbgrün.	g. M. II, dunkelgrün.
Asparagin	ger. M. VI, gelbgrün.	m. M. VI, dunkelgrün.
Pepton ¹⁾	ger. M. VIII, gelbgrün.	ger. M. VIII, gelbgrün.

Nach diesen Versuchen sind die besten N-Quellen: Ammonsulfat, Ammonnitrat, Harnstoff. Glykokoll ist aber eine bevorzugte N-Quelle nach längerer Kulturdauer, während dagegen Pepton und KNO₂ die schlechtesten N-Quellen sind. Diese Resultate stimmten im ganzen mit denen von Artari bei *Chlorella communis* überein. Der Harnstoff ist aber bei unserer Varietät eine bessere N-Quelle als bei *Chlorella communis*.

Beachtenswert ist der Nährwert von Pepton. Ich fand bei längerer Kultur mit Detmer's Nährlösung, der verschiedene N-Verbindungen zugesetzt wurden, daß Pepton eine gute N-Quelle war. Darauf werden wir später in VII C zurückkommen.

1) Pepton Witte kam in Anwendung.

b) *Stichococcus bacillaris* Näg. var. *viridis*, var. nov.

Anfang : N-Quelle 7/V	1/VI	1/VII
KNO ₃	m. M. V, dunkelgrün.	g. M. II, dunkelgrün.
Ca(NO ₃) ₂	m. M. VII, grün.	g. M. II, dunkelgrün.
NH ₄ NO ₃	g. M. II, dunkelgrün.	g. M. I, dunkelgrün.
(NH ₄) ₂ SO ₄	g. M. I, dunkelgrün.	g. M. I, braun (Nähr- lösung sauer !)
Harnstoff	g. M. III, dunkelgrün.	g. M. I, dunkelgrün.
Glykokoll	m. M. VI, grün.	g. M. I, dunkelgrün.
Asparagin	g. M. IV, dunkelgrün.	g. M. II, grün.
Pepton	m. M. VIII, grün.	m. M. III, grün.

Nach diesen Versuchen sind also die besten N-Quellen : Ammonsulfat, Ammonnitrat und Harnstoff. Glykokoll ist aber eine gute N-Quelle nach längerer Kulturdauer, während Pepton die schlechteste N-Quelle ist.

c) *Scenedesmus obliquus* Ktz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Anfang : N-Quelle 7/V	1/VI	1/VII
KNO ₃	g. M. I, dunkelgrün.	g. M. I, dunkelgrün. Zellen kugelig oder unregelmäßig polygonalförmig.
Ca(NO ₃) ₂	m. M. IV, grün.	g. M. II, grün. Z. ellipsoidisch od. kugelig.
NH ₄ NO ₃	g. M. II, dunkelgrün.	g. M. II, braun. Nährlös. sauer. Zellen ditto, oft <i>Dactylococcus</i> -ähnliche Formen.
(NH ₄) ₂ SO ₄	g. M. III, dunkelgrün.	g. M. II, braun. Nährlös. sauer. Verdickt spindelförmig, oft ovalförmig.
Harnstoff	m. M. V, grün.	g. M. II, dunkelgrün. Spindelförmig, ellipsoidisch oder kugelig.
Glykokoll	s. ger. M. VI, gelbgrün.	ger. M. IV, gelbgrün. Spindelf. od. ellipsoidisch.
Asparagin	s. ger. M. VI, gelbgrün.	g. M. II, grün. Spindelf. od. ellipsoidisch.
Pepton	k. W. VII.	ger. M. III, gelbgrün. Ellipsoidisch od. kugelig.

Die besten N-Quellen sind also KNO₃, NH₄NO₃ und (NH₄)₂SO₄. Harnstoff und Asparagin sind aber auch bevorzugte

N-Quellen bei längerer Kultur, während Glykokoll und Pepton keine guten N-Quellen sind.

d) *Chlorosphaera putrida*, sp. nov.

Anfang: 14/V N-Quelle	1/VI	1/VII
KNO ₃	g. M. II, grün.	g. M. III, dunkelgrün.
Ca(NO ₃) ₂	ger. M. V, grün.	m. M. IV, grün.
NH ₄ NO ₃	m. M. III, grün.	m. M. V, dunkelgrün.
(NH ₄) ₂ SO ₄	g. M. I, grün.	m. M. V, braun.
Harnstoff	k. W. VII,	g. M. I. dunkelgrün.
Glykokoll	s. ger. M. VI, grün.	ger. M. VI, gelbgrün.
Asparagin	m. M. IV, grün.	g. M. II, dunkelgrün.
Pepton	k. W.	ger. M. VI, grün.

Hier sind also die besten N-Quellen: Ammonsulfat und KNO₃; Glykokoll und Pepton dagegen nicht. Bei Harnstoff und Asparagin wird das Wachstum erst nach längerer Kulturdauer gefördert, was uns eine Bildung von Ammoniumverbindungen vermuten läßt.

e) *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov.

Die Versuche bei dieser Art ergaben ein schlechtes Resultat. Sie wuchs in KNO₃, Glykokoll, Asparagin und Pepton nur spärlich. In andern N-Verbindungen zeigte sie keine Entwicklung. Dann stellte ich eine saure Nährlösung her, die KH₂PO₄ anstatt K₂HPO₄ in der oben genannten Nährlösung enthielt. Die Versuchsanordnung war die bisherige.

Anfang: 15/VII N-Quelle	23/VII	6/VIII	10/IX
KNO ₃	k. W.	ger. M., grün.	ger. M., grün.
Ca(NO ₃) ₂	k. W.	ger. M., grün.	ger. M., grün.
NH ₄ NO ₃	s. ger. M.	ger. M., grün.	ger. M., grün.

<div>Anfang: 15/VII</div> <div>N-Quelle</div>	23/VII	6/VIII	10/IX
(NH ₄) ₂ SO ₄	s.ger.M.	ger. M. grün.	ger. M. grün.
Harnstoff	k. W.	k. W.	k. W.
Glykokoll	s.ger.M.	s.ger.M.	s.ger.M.
Asparagin	m. M. Schwärmer kommen vor.	g. M.	g. M. grün.
Pepton	k. W.	k. W.	ger. M. grün.

Aus den obigen Versuchen geht deutlich hervor, daß unsere *Chlamydomonas*, wie *Chlamydomonas Ehrenbergii*, eine besondere Vorliebe für saure Nährlösung hat. Die beste N-Quelle ist dabei Asparagin; dann folgen der Reihe nach Nitrat und Ammoniumverbindungen.

Zum Schluß dieses Kapitels möchte ich die Nährwerte von Bouillon angeben. Diese wurde wie üblich mit Liebig's Fleischextrakt hergestellt und tüchtig neutralisiert. Je 7 cm³ davon wurden in die Probierröhren gegossen. Diese wurden dann nach der Sterilisation mit Algen überimpft. Die Resultate waren die folgenden:

<div>Anfang: 15/V</div> <div>Algen</div>	8/VI	3/VII
<i>Chlorella l.</i>	ger. M.	ger. M., grün. Keine Entfärbung!
<i>Stichococcus v.</i>	k. W.	k. W.
<i>Scenedesmus n.</i>	k. W.	k. W.
<i>Chlorosphaera p.</i>	ger. M.	ger. M., grün. Keine Entfärbung!
<i>Chlamydomonas k.</i>	k. W.	k. W.

5. Nährwerte der verschiedenen C-Verbindungen.

Bezüglich dieser Nährwerte sei auch auf die Arbeit von Artari über *Chlorella communis* verwiesen. Nach diesem Autor

(1906, S. 187) sind die besten N-Quellen für *Chlorella communis*, Glukose, Galaktose, Saccharose, und Laktose. In Anwesenheit von Xylose, Arabinose und Mannose wächst sie aber nicht.

Ich untersuchte mit einer Artarischen Nährlösung, die Nährwerte verschiedener C-Verbindungen bei *Chlorella l.* Die Nährlösung hatte die folgende Zusammensetzung:

NH_4NO_3	0.25	%
KH_2PO_4	0.20	„
MgSO_4	0.025	„
FeCl_3	Spur	
C-Verbindungen	1.0	%

Die Versuchsanstellung war wie früher. Die Resultate waren wie folgt:

a) *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Anfang: 20/XI C-Quelle	23/XII	27/I	5/III
Glyzerin	s. ger. M. X	X, hellgrün.	X, gelbgrün.
Mannit	ger. M. VIII	VII, gelbgrün.	III, dunkelgrün.
Glukose	g. M. I	I, dunkelgrün.	I, dunkelgrün.
Mannose	g. M. IV	IV, dunkelgrün.	V, dunkelgrün.
Galaktose	g. M. II	II, dunkelgrün.	VI, dunkelgrün.
Saccharose	g. M. III	III, dunkelgrün.	II, dunkelgrün.
Maltose	m. M. VI	V, dunkelgrün.	IV, dunkelgrün.
Laktose	s. ger. M. IX	IX, hellgrün.	IX, gelbgrün.
Raffinose	m. M. V	VI, gelbgrün.	VII, gelbgrün.
Inulin	ger. M. VII	VIII, gelbgrün.	VIII, gelbgrün.

Die weiteren Versuche wurden mit Agarnährboden ausgeführt, und ich wandte meine besondere Aufmerksamkeit der Farbveränderung der Algen zu. Ich bediente mich dabei des Mineral-

salzagar, dem verschiedene C-Verbindungen in einer Dosis von 1% zugesetzt wurden. Für jede C-Verbindung wurden zwei gleichartige Kulturen hergestellt. Diese wurden im diffusen Licht und in der Zimmertemperatur aufgestellt.

Anfang 21/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.		Stichkultur.	
	23/VIII	13/XI	23/VIII	13/XI
Glyzerin	ger. M., grün.	dunkelgrün.	ger. M., grün.	dunkelgrün.
Mannit	g. M., gelbgrün.	gelbgrün.	ger. M., grün.	gelbgrün.
Glukose	g. M., grün, teils gelbgrün.	gelbgrün.	ger. M., grün.	Oberfläche grün. Innerer Teil gelb- grün.
Mannose	g. M., gelbgrün.	gelbgrün-gelb.	ger. M., gelbgrün.	Oberfl. gelbgrün. Inn. gelb.
Galaktose	g. M., grün, teils gelbgrün.	gelbgrün.	ger. M., grün.	Oberfl. gelbgrün. Inn. gelb.
Saccharose	ger. M., grün.	m. M. dunkelgrün.	ger. M., grün.	Oberfl. gelbgrün. Inn. gelb.
Maltose	g. M., dunkelgrün.	dunkelgrün.	ger. M., dunkelgrün.	Oberfl. dunkelgrün. Inn. gelbgrün.
Laktose	ger. M., grün.	dunkelgrün.	ger. M., grün.	dunkelgrün.
Raffinose	ger. M., grün.	dunkelgrün.	m. M., grün, anaërob !	dunkelgrün.
Inulin	ger. M., grün.	dunkelgrün.	ger. M., grün.	dunkelgrün.
Kontroll (M- Agar)	ger. M., grün.	dunkelgrün.	ger. M., grün.	dunkelgrün.

Fassen wir die gewonnenen Resultate bei Flüssigkeits- und Agarkulturen zusammen, so sind die bevorzugten C-Quellen: Glukose, Galaktose, Saccharose, Mannose und Maltose. Im Gegensatz zu *Chlorella communis* liebt unsere Alge Laktose nicht. Der Nährwert von Mannose ist auch bei beiden Algen verschieden.

Um die Farbenveränderung im Laufe der Kultur näher zu beobachten, wurden die weiteren Versuche mit Agarkulturen angestellt. Die Versuchsanstellung war fast dieselbe wie früher; C-Verbindungen wurden aber in einer Dosis von 2% zugesetzt.

Anfang 4/XII M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.			Stichkultur.		
	10/II	3/III	29/IV	10/II	3/III	29/IV
Mannit	g. M., teils grün., entfärbt.	gelb- grün.	gelb- grün.	g. M., dunkelgrün, ohne Gasbil- dung.	grün.	ent- färbt!
Mannose	g. M., gelbgrün., entfärbt.	gelb- grün.	gelb- grün.	ger. M., dunkelgrün, mit Gasbil- dung.	ent- färbt!	
Galaktose	g. M., teils grün, entfärbt.	gelb- grün.	gelb- grün.	g. M., grün, mit Gas- bildung.	ent- färbt!	
Saccharose	g. M., dunkelgrün.	dunkel- grün.	ent- färbt!	g. M., grün, mit Gas- bildung.	ent- färbt!	
Maltose	g. M. grün.,	grün.	keine Entfär- bung.	g. M., dunkelgrün, mit Gasbil- dung.	ent- färbt!	

Bezüglich der Farbenveränderung verweise ich auf den Abschnitt VII.

b) *Stichococcus bacillaris* Näg. var. *viridis*, var. nov.

Anfang 21/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.		Strichkultur.	
	23/VIII	13/XI _I	23/VIII	13/XI
Glyzerin	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Mannit	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Glukose	g. M., grün.	gelbgrün, ent- färbt!	ger. M., grün.	gelbgrün, entfärbt.
Mannose	g. M., grün.	gelbgrün, ent- färbt!	ger. M., grün.	g. M., gelbgrün, entfärbt.
Galaktose	ger. M., dunkelgrün.	g. M., dunkelgrün.	m. M., anaërob.	g. M., dunkelgrün.
Saccharose	ger. M., grün.	grün.	g. M., grün,	grün.
Maltose	g. M., dunkelgrün.	dunkelgrün.	g. M., dunkelgr.	dunkelgrün.
Laktose	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Raffinose	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Inulin	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
M-Agar	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.

Nach diesen Resultaten sind die besten C-Quellen: Glukose, Mannose und Maltose. Galaktose fördert das Wachstum nach

längerer Zeitdauer. Glyzerin, Mannit, Saccharose, Laktose, Raffinose und Inulin sind keine guten C-Quellen. Nach Matruchot und Molliard (1902, S. 193) sind die guten C-Quellen für *Stichococcus bacillaris*, Glukose, Glyzerin, Mannit, Saccharose, Maltose, Laktose &c. Diese Resultate weichen von den meinigen ab. Nach Chodat (1913, S. 152) ist Laktose keine gute C-Quelle für *Stichococcus bacillaris*. Es ist noch zweifelhaft, ob bei der Angabe von Matruchot und Molliard nicht Wahres mit Falschem gemischt ist, oder ob eine neue Varietät vorliegt.

Weitere Versuche wurden mit einem Zusatz von zwei-prozentigen C-Verbindungen ausgeführt.

Anfang 4/XII M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.			Stichkultur.		
	10/II	3/III	29/IV	10/II	3/III	29/IV
Mannose	g. M., dunkelgrün.	keine Entfärbung.	entfärbt.	g. M., dunkelgrün.	entfärbt.	Entf. deutlich.
Galaktose	g. M., dunkelgrün.	keine Entf.	keine Entf.	g. M., dunkelgrün.	entfärbt. Gasbildung.	Entf. schwach.
Maltose	g. M., dunkelgrün.	keine Entf.	keine Entf.	g. M., dunkelgrün.	entfärbt.	Entf. deutlich.

c) *Scenedesmus obliquus* Ktz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Anfang 21/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.		Stichkultur	
	23/VIII	13/XI	23/VIII	13/XI
Glyzerin	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Mannit	s. ger. M., gelbgrün.	gelbgrün.	ger. M., grün.	gelbgrün.
Glukose	s. ger. M., gelbweiß.	weiß.	g. M., gelbgrün. grün.	Oberfläche weiß. Innerer Teil gelbgrün.
Mannose	s. ger. M., gelbweiß.	weiß.	ger. M., gelbgrün.	g. M., gelbgrün.
Galaktose	s. ger. M., gelbweiß.	weiß.	ger. M., grün.	Oberfl. weiß. Inn. gelbgrün.

Anfang 21/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strickkultur.		Stichkultur.	
	23/VIII	13/XI	23/VIII	13/XI
Saccharose	s. ger. M., grün.	gelbgrün.	m. M., grün.	grün.
Maltose	s. ger. M., gelbweiß.	gelbweiß.	g. M., gelbgrün.	Oberfl. weiß. Inn. gelbgrün.
Laktose	s. ger. M., gelbgrün.	gelbweiß.	g. M., grün.	Oberfl. weiß. Inn. grün.
Raffinose	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
Inulin	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.
M-Agar	ger. M., grün.	grün.	ger. M., grün.	grün.

Scenedesmus obliquus ist, wie schon erwähnt, im kohlenstoffreichen Medium an seinem Anaërobismus leicht zu erkennen. Bei der Strickkultur übt die Luft eine giftige Wirkung aus. Man muß daher die Nährwerte der C-Verbindungen immer vermittels Stickskultur untersuchen. Nach den oben erwähnten Stickskulturen sind gute C-Quellen: Glukose, Galaktose, Maltose, Laktose und Mannose.

d) *Chlorosphaera putrida*, sp. nov.

Anfang 20/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strickkultur.			Stichkultur.		
	17/VII	10/IX	22/X	17/VII	10/IX	22/X
Glyzerin	ger. M., IV, grün. Fester Algenbelag.	II, grün.	grün.	ger. M. grün.	III, grün.	grün.
Mannit	g. M., II, grün. Flüssiger Belag.	I, grün.	gelbgrün.	m. M. grün.	III, gelbg.	gelbgrün.
Glukose	s. g. M., I, grün. Flüssiger Belag.	I, grün.	gelbgrün.	g. M. grün. Gasbildung!	I, grün.	grün.

Anfang 20/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.			Stichkultur.		
	17/VII	10/IX	22/X	17/VII	10/IX	22/X
Mannose	g. M. IV, grün. Fester Belag.	II, grün.	grün.	m. M., grün.	II, grün.	grün.
Galaktose	s. g. M. I, grün. Flüssiger Belag.	?	?	g. M., grün. Gasbildung!	II, grün.	grün.
Saccharose	m. M. III, grün. Fester Belag.	II, grün.	grün.	m. M., grün.	III, gelbg.	gelbgrün.
Maltose	m. M. III, grün. Fester Belag.	II, grün.	grün.	m. M., grün.	III, gelbg.	gelbgrün.
Laktose	g. M. II, grün. Flüssiger Belag.	I, grün.	gelbgrün.	m. M., grün.	III, gelbg.	gelbgrün.
Raffinose	g. M. II, grün. Flüssiger Belag.	I, grün.	gelbgrün.	m. M., grün.	III, gelbg.	gelbgrün.
M-Agar	m. M. III. Etwas flüssiger B.	II, grün.	grün.	m. M., grün.	III, grün.	grün.

Nach diesen Versuchen fördern Glukose, Galaktose, Mannit, Laktose und Raffinose das Wachstum von *Chlorosphaera putrida*. Diese Art gedeiht aber auch auf M-Agar, was uns den Vergleich der Nährwerte der verschiedenen Stoffe erschwert.

c) *Chlamydomonas koishikarensis*, sp. nov.

Anfang 20/VI M-2 Agar -Quelle 1%	Strichkultur.		Stichkultur.	
	17/VII	10/IX	17/VII	10/IX
Glyzerin	ger. M., grün.	II, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
Mannit	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	I, grün.
Glukose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
Mannose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
Galaktose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
Saccharose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	I, grün.
Maltose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.

Anfang 20/VI M-Agar + C-Quelle 1%	Strichkultur.		Stichkultur.	
	17/VII	10/IX	10/IX	10/IX
Laktose	m. M., dunkelgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
Raffinose	ger. M., gelbgrün.	I, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.
M-Agar	ger. M., gelbgrün.	II, dunkelgrün.	ger. M., grün.	II, grün.

Aus diesen Resultaten geht klar hervor, daß alle untersuchten C-Verbindungen, abgesehen von Glyzerin, das Wachstum von *Chlamydomonas koishikavensis* fördern. Die beschleunigende Wirkung aller C-Verbindungen war sich aber so ähnlich, daß ich keinen Unterschied finden konnte.

Bei dieser Art findet keine Entfärbung statt. Dieselbe Tatsache wurde auch bei Anwendung der Glukoselösungskultur konstatiert. Näheres darüber findet man im Abschnitt VII.

6. Nährwerte der organischen Säuren.

Miquel soll der erste gewesen sein, der sich mit der Ernährung der organischen Säuren durch reine Algen beschäftigte (vergl. Richter, 1911 S. 36). Ausführliche Untersuchungen findet man aber erst in der Arbeit von Treboux (1905, S. 432). Dieser benutzte die Kalium- und Ammoniumsalze der verschiedenen organischen Säuren, und die Untersuchung dehnte sich auf etwa 40 Arten von Algen aus. Ein Teil dieser Algen war aber ohne Zweifel unrein oder nur speziesrein, wenn er auch alle Arten für rein gehalten hat. Es ist daher schwer zu wissen, wieweit seine Resultate richtig sind.

Treboux arbeitete immer mit Dunkelkulturen, um CO₂-Assimilation zu beseitigen. Dabei fand er merkwürdigerweise, daß im allgemeinen Kaliumacetat eine gute C-Quelle ist.

Meine diesbezüglichen Untersuchungen wurden nur mit dem Kaliumsalz organischer Säuren und zwar im diffusen Lichte ausgeführt.

Da die untersuchten Algen im Lichte eine giftige Säure¹⁾ (Ameisensäure!) bilden, so war es nötig, die Nährwerte der Salze der organischen Säuren im Lichte zu untersuchen.

Als Grundlösung diente mir $\frac{1}{2}$ M.-L., der jedes Salz in einer Dosis von 0,1% (nach Treboux ist 0,5% schon giftig) zugesetzt wurde. Von dieser Nährlösung wurden je 20 cm³ in Kolben von 50 cm³ Inhalt gegossen. Nach der Sterilisation wurden die Kolben mit Algen beschickt. Die Kulturbedingungen waren die bisherigen: diffuses Licht und Zimmertemperatur.

a) *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Anfang: 1/X Salz	22/X	5/XI	17/XII
Kalium formicum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	ger. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. aceticum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. butyricum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. lacticum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. oxalicum	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. succinicum	ger. M.	ger. M., hellgr.	ger. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. malicum	m. M.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. tartaricum	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. citricum	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.
K. benzoicum	k. W.	k. W.	k. W.
M.-L.	ger. M.	ger. M., hellgr.	g. M., grün. Zellform normal. Pyrenoid deutlich.

1) Über den Nachweis von Ameisensäure verweise ich auf VII, E.

b) *Stichococcus bacillaris* Näg. var. *vividis*, var. nov.

Anfang: 1/X Salz.	22/X	5/XI	17/XII
K. formicum	ger. M.	ger. M., hellgr.	g. M., grün. Zellform normal, oft oval od. rund.
K. aceticum	m. M.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal.
K. butyricum	k. W.	k. W.,	s. ger. M. Zelle lang.
K. lacticum	ger. M.	g. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal.
K. oxalicum	g. M.	g. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal.
K. succinicum	ger. M.	m. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal, oft oval od. rund.
K. malicum	m. M.	g. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal.
K. tartaricum	g. M.	g. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal.
K. citricum	g. M.	g. M., grün.	g. m., grün. Zellform normal.
K. benzoicum	k. W.	k. W.	k. W.
M-L	ger. M.	m. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal.

c) *Scenedesmus obliquus* Ktz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Anfang: 1/X Salz	22/X	5/XI	17/XII
K. formicum	k. W.	k. W.	k. W.
K. aceticum	k. W.	s. ger. M.	ger. M., grün !. Polymorph: spindelförmig oder stark verdickt.
K. butyricum	k. W.	k. W.	k. W. Zellform normal.
K. lacticum	ger. M.	g. M., grün	g. M., grün. Polymorph: oft verdickt.
K. oxalicum	s. g. M., grün.	s. g. M., dunkelgr.	s. g. M., teils, Zellform normal, gelb, 4-8 zellige Zönobien.
K. succinicum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	ger. M., grün. Zellform normal, 4-8 zellige Zönobien.
K. malicum	m. M.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal, 4-8 zellige Zönobien.
K. tartaricum	g. M.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal, 4-8 zellige Zönobien.
K. citricum	g. M.	g. M., grün.	g. M., grün. Zellform normal, 4-8 zellige Zönobien.
K. benzoicum	k. W.	k. W.	k. W.
M-L	ger. M.	ger. M., grün.	ger. M., grün. Zellform normal.

d) *Chlorosphaera putrida*, sp. nov.

Salz \ Anfang: 1/X	22/X	5/X	17/XII
K. formicum	k. W.	k. W.	Kein W.
K. aceticum	ger. M.	m. M., grün.	g. M., III, grün. Große Zönobien mit Aplanosporen.
K. butyricum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	ger. M., V, grün. Kleine Zönobien mit Aplanosporen u. Zoosporen.
K. lacticum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	ger. M., VI, grün. Große Zönobien mit Aplanosporen u. Zoosporen.
K. oxalicum	g. M.	g. M., grün.	s. g. M., I, grün. Große Zön. mit Aplanosp.
K. succinicum	k. W.	s. ger. M.	ger. M., VII, hellg. Keine Zön. mit Apl. u. Zoosp.
K. malicum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	g. M., III, grün. Große Zön. mit Apl.
K. tartaricum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	m. M., IV, grün. Große Zön. mit Apl.
K. citricum	ger. M.	ger. M., hellgrün.	s. g. M., II, grün. Große Zön. mit Apl.
K. benzoicum	k. W.	k. W.	K. W.
M.-L.	ger. M.	ger. M., hellgrün.	ger. M., VII, grün. Große Zön. mit Apl. u. Zoosp.

e) *Chlamydomonas koishikarensis*, sp. nov.

Salz \ Anfang: 1/X	22/X	5/XI	17/XII
K. formicum	m. M.	g. M., VI, grün.	g. M., III, grün. Zygosporien reichlich.
K. aceticum	s. g. M., grün.	s. g. M., III, grün.	s. g. M., II, grün. Zygosporien reichlich.
K. butyricum	g. M.	s. g. M., III, grün.	s. g. M., III, grün. Zygosporien reichlich.
K. lacticum	ger. M.	ger. M., V, grün.	s. g. M., II, grün. Zygosporien reichlich.
K. oxalicum	s. g. M.	s. g. M., I, grün.	s. g. M., I, grün. Nur vegetative Zellen. Kugelig oder oval.
K. succinicum	m. M.	g. M., IV, grün.	g. M., III, grün. Nur vegetative Zellen. Kugelig oder oval.
K. malicum	g. M.	s. g. M., III, grün.	s. g. M., I, grün. Zygosporien reich.
K. tartaricum	s. g. M.	s. g. M., II, grün.	s. g. M., I, grün. Zygosporien reich.
K. citricum	g. M.	s. g. M., III, grün.	s. g. M., II, grün. Zygosporien reich.
K. benzoicum	k. W.	K. W.	k. W.
M.-L.	g. M.	s. g. M., III, grün.	s. g. M., I, grün. Zygosporien reich.

Nach obigen Resultaten seien hier übersichtlich die Nährwerte der organischen Säuren für die fünf Algen angeführt.

	Gute C-Quelle.	Schlechte C-Quelle.	Giftige Salze
<i>Chlorella l.</i>	K. oxalicum, malicum, tartaricum, citricum.	K. formicum, succinicum.	K. benzoicum.
<i>Stichococcus v.</i>	K. oxalicum, malicum, tartaricum, citricum, aceticum, lacticum.	K. formicum.	K. benzoicum butyricum.
<i>Scenedesmus n.</i>	K. oxalicum, malicum, tartaricum, citricum, lacticum.	K. aceticum, succinicum.	K. benzoicum, formicum, butyricum.
<i>Chlorosphaera p.</i>	K. oxalicum, malicum, tartaricum, citricum, aceticum.	K. lacticum, succinicum.	K. benzoicum, formicum.
<i>Chlamydomonas k.</i>	K. oxalicum, tartaricum.	K. formicum, butyricum, succinicum.	K. benzoicum.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß Oxal-, Äpfel-, Zitronen- und Weinsäure, abgesehen von Äpfel- und Zitronensäure bei *Chlamydomonas k.*, die allgemein bevorzugten C-Quellen waren. Essigsäure war, im Gegensatz zum Resultate von Treboux, keine gute C-Quelle. Es ist aber möglich, daß dieser Widerspruch auf einer Verschiedenheit der Kulturbedingungen (im Licht oder im Dunkeln) oder auf ungleichem Versuchsmaterial beruht.

Benzoësaures Kalium ist für alle untersuchten Algen giftig. Ähnlich verhält sich ameisensaures Kalium. Die Giftwirkung dieser Säuren ist wahrscheinlich, wie K. Aso (1906, S. 24) schon vermutete, auf das Zurückbleiben der freien Säuren zurückzuführen.

Betrachten wir nun das Assimilationsvermögen der untersuchten Algen mit organischen Säuren, so sehen wir, daß *Scenedesmus n.* dieses am schwächsten besitzt. Daraus darf man den Schluß ziehen, daß *Scenedesmus n.* am schlechtesten an verunreinigten Orten in der Natur gedeiht, weil da die Gegenwart von Salzen der verschiedenen organischen Säuren am meisten zu vermuten ist.

Bei den obigen Resultaten ist noch zu bemerken, daß *Sticho-*

coccus v. und *Scenedesmus n.* in schlechten Medien Polymorphismus zeigen. Man sieht ihn bezüglich *Stichococcus v.* bei K. formicum, und succinicum, und bezüglich *Scenedesmus n.* bei K. aceticum und lacticum.

Beachtenswert ist auch, daß bei *Chlorosphaera p.* in schlechten Nährmedien Zoosporenbildung vor sich geht.

7. Grenzkonzentrationen der Glukose.

Bei einigen Pilzen und Bakterien hat man bereits feststellen können, daß sie gegen höhere Konzentrationen von Zucker widerstandsfähig sind, z. B., *Aspergillus repens* gegen 80%-Zucker, *Bacterium vernicosum* gegen 70%-Rohrzucker (vergl. Pütter, 1911, S. 190-191).

Bezüglich solcher Untersuchungen der Algen verweise ich auf die Arbeit von Artari (1906). Derselbe stellte fest, daß die Grenzkonzentration der Glukose für *Chlorella communis* etwa bei 22%, und für *Stichococcus bacillaris* etwa bei 25% liegt. Er fand ferner, daß die Grenzkonzentration der Monosaccharide doppelt so niedrig wie die der Disaccharide ist, weswegen man die Einwirkung des Zuckers für osmotisch hält (S. 209).

Nach dem Verhältnis zur Konzentration der N-Quellen unterschied schon Beijerinck (1901, S. 561) drei Arten von Mikroorganismen.

1. oligonitrophile.
2. mesonitrophile.
3. polynitrophile.

In Berücksichtigung aller Stoffe schlug aber Pütter (1911, S. 190-191) die folgenden Namen vor.

1. oligotrophophile.
2. mesotrophophile.

3. polytrophophile.

Artari (1913, S. 451) veränderte der Kürze wegen die obigen Namen zu :

1. oligotrophe.
2. mesotrophe.
3. polytrophe.

Dabei betonte Artari, daß diese Eigenschaften leicht durch die Grenzkonzentrationen der Glukose bestimmt werden könnten.

Um das Verhalten der untersuchten Algen gegen konzentrierte Glukoselösungen zu bestimmen, habe ich die folgenden Untersuchungen ausgeführt, bei denen ich mich $\frac{1}{2}$ M-L bediente, der Glukose¹⁾ in den verschiedenen Konzentrationen hinzugefügt wurde. Diese Lösung wurde zu je 20 cm³ in Kolben von 50 cm³ Inhalt beschickt, und wie üblich sterilisiert. Nach der Sterilisation wurden Kolben mit frischen Algen aus Gl-Agar überimpft. Die Kolben standen im diffusen Licht und in der Zimmertemperatur.

Die Resultate waren die folgenden :

Erste Versuche, Versuchsdauer : 14/V-3/VII.

	<i>Chlorella l.</i>	<i>Stichococcus v.</i>	<i>Chlorosphaera p.</i>	<i>Chlamydomonas k.</i>
Gl. 5%	—	—	g. M., grün.	Spur.
10%	—	—	Spur.	k. W.
20%	ger. M., grün.	ger. M., hellgrün.	k. W.	k. W.
22%	ger. M., grün	ger. M., hellgrün	—	—
25%	ger. M., grün.	s. ger. M., hellgrün.	k. W	k. W.

1) Pulverige Glukose von Merck wurde in Dessikator völlig getrocknet. Nach chemischer Analyse erwies sie sich als ganz wasserfrei und rein.

Zweite Versuche, Versuchsdauer : 22/X-12/XII.

	<i>Chlorella l.</i>	<i>Stichococcus v.</i>	<i>Scenedesmus n.</i>	<i>Chlorosphaera p.</i>	<i>Chlamydomonas k.</i>
3%	—	—	g. M., gelbg.	—	g. M., grün.
4%	—	—	g. M., gelbg.	—	g. M., grün.
5%	—	—	ger. M., grün.	—	g. M., grün
7%	—	—	—	g. M., grün.	s. ger. M.
9%	—	—	—	m. M., grün.	—
10%	—	—	—	m. M., grün.	—
11%	—	—	—	Spur.	—
23%	ger. M. grün.	Spur.	—	—	—
24%	ger. M. grün.	Spur.	—	—	—
25%	Spur.	k. W.	—	—	—
26%	k. W.	Spur.	—	—	—

Dritte Versuche, Versuchsdauer : 20/I-30/VII.

	<i>Scenedesmus n.</i>	<i>Chlorosphaera p.</i>	<i>Chlamydomonas k.</i>
5%	g. M.	—	—
6%	k. W.	—	—
7%	—	—	ger. M.
8%	—	—	ger. M.
10%	—	—	Geringe Menge an der Glaswand außerhalb der Nährlösung.
11%	—	k. W.	—
12%	—	k. W.	—
13%	—	k. W.	—

Nach obigen Versuchen wurden die Grenzkonzentrationen wie folgt bestimmt :

Chlorella l. 25%

Stichococcus v. . . . 24%

Scenedesmus n. . . . 5%

Chlorospaehra p. . . . 10%

Chlamydomonas k. . . 8%

Hervorzuheben ist, daß die Grenzkonzentration von *Chlorella vulgaris* var. *lutescens* erheblich größer ist als die von *Chlorella communis*.

Die Bedeutung der Prozente war aber bei den Untersuchungen beider Algen ungleich. Artari gab ein gewisses Gramm auf (also +) je 100 cm³- Nährlösung als ein gewisses Prozent an, während ich unter sohem ein gewisses Gramm in (also inklusiv) je 100 cm³- Nährlösung verstehe. Meine gleichprozentige Lösung muß demnach etwas konzentrierter sein als die entsprechende von Artari. Wenn also unsere *Chlorella* mit *Chlorella communis* identisch wäre, so müßte die Grenzkonzentration bei unserem Versuch unter 22% liegen. Das ist aber nicht der Fall. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß hier eine Verschiedenheit der Rassen vorliegt.

Es war mir aber unmöglich die Fehlerquelle gänzlich fernzuhalten. Durch Sterilisation und Transpiration während der Kulturdauer wird die Kulturlösung immer konzentrierter. Die Virulenz des Impfmateriäls soll gleichfalls einen Einfluß auf die Resultate ausüben. Somit stimmt das Resultat wiederholter Versuche mit den früheren nicht völlig überein.

Bezüglich der Grenzkonzentrationen der Glukose möchte ich die folgende Klassifikation vorschlagen.

- I. Oligotrophe Algen, die gegen schwächere Konzentrationen als 5 % Glukose widerstandsfähig sind.

Scenedesmus obliquus var. *non-liquefasciens*.

- II. β -mesotrophe Algen, die gegen Konzentrationen von 5% bis 10% Glukose widerstandsfähig sind.

Chlamydomonas koishikavensis.

Chlorosphaera putrida.

α -mesotrophe Algen, die gegen Konzentrationen von 10 bis 20% widerstandsfähig sind.

Beispiel fehlt.

III. Polytrophe Algen, die gegen größere Konzentrationen als 20% widerstandsfähig sind,

Chlorella communis (nach Artari).

Stichococcus bacillaris (nach Artari).

Chlamydomonas Ehrenbergii (Nach Artari).

Chlorella vulgaris var. *lutescens*.

Stichococcus bacillaris var. *viridis*.

Wieweit dieser Vorschlag in der Algenphysiologie Zustimmung finden wird, muß ich dahingestellt sein lassen.

8. Unsere Algen als Leitorganismen für die Wasser-
beurteilung.

Bereits im Jahre 1853, lange bevor die Krankheitserreger entdeckt waren, gelang es C o h n, durch mikroskopische Wasseruntersuchungen zu bestimmten Schlüssen bezüglich des Reinheits- bzw. Verschmutzungsgrades des Wasser zu gelangen. Eine zusammenfassende Darstellung davon wurde aber erst 1875 veröffentlicht (siehe C o h n, 1875 I, S. 108 ff.). Dies Jahr wird deshalb gewöhnlich als das Geburtsjahr der mikroskopischen Wasseranalyse angesehen. Dieses Verfahren wurde später durch die bakterioskopischen Untersuchungen von K o c h und anderen verdrängt, ohne für längere Zeit weitere Erfolge zu bringen. Dann erschienen aber wieder Untersuchungen der Abwässer auf mikroskopischem Wege und die mikroskopische Methode trat wieder in ihre Rechte. Hervorzuheben ist hier besonders das große Werk von M e z (1898).

M e z gebührt das Verdienst zusammenfassende Bearbeitungen

gemacht und zahlreiche Begleitorganismen der Abwässer beschrieben zu haben.

In neuerer Zeit ist die mikroskopische Wasseranalyse durch die gründlichen Arbeiten von Kolkwitz und Marsson (1902, '08) wieder auf eine Grundlage gestellt worden. Man nennt diese Methode „Saprobiensystem“; so konnten diese Autoren je nach den Verschmutzungsgraden drei Phasen der Wässer und die sie begleitenden Organismen feststellen. Sie seien hier kurz erwähnt.

I. Zone der Polysaprobien. Hier werden Eiweiß, Polypeptide und ihre hochmolekularen Abbauprodukte zersetzt.

II. Zone der Mesosaprobien. Diese Zone zerfällt in zwei Unterzonen.

α -mesosaprobe Zone.

Hier entstehen beim Abbau der hochmolekularen Verbindungen Aminosäuren und Ammoniaksalze.

β -mesosaprobe Zone.

Diese Zone ist etwas reiner als die vorige und durch die Gegenwart von Aminosäuren, Ammoniaksalzen und besonders von Nitriten und Nitraten charakterisiert.

III. Zone der Oligosaprobien.

Diese Zone ist die Zone der vollendeten Oxydation, und zeigt deswegen vorwiegend mineralisierte N-Verbindungen.

Bei jeder Zone lassen sich verschiedene Leitorganismen feststellen. Betreffs dieser Leitorganismen verweise ich auf das Original. Das Saprobiensystem von Kolkwitz ist für die praktische Anwendung schon ausreichend; es ist jedoch noch nicht wissenschaftlich genau, weil die Resultate vorwiegend auf ökologischem Wege erzielt wurden. Daher wäre eine genaue Nachprüfung auf experimentellem Wege sehr erwünscht, obgleich kaum anzunehmen ist,

daß dadurch an dem System etwas Wesentliches geändert werden würde.

Schon Artari (1913, S. 464) hat hierauf hingewiesen und hat auf experimentellem Wege *Chlamydomonas Ehrenbergii* für einen α -mesosaproben event. polysaproben Organismus gehalten, was etwas von dem Resultat von Kolkwitz abweicht (vergl. Kolkwitz, 1908, S. 514).

Nunmehr gehe ich zur Schilderung unserer Resultate über.

Die untersuchten Algen gedeihen nicht nur bei anorganischen, sondern auch bei Aminosäuren und Säureamiden. Sie lieben jedoch nicht die hochmolekularen N-Verbindungen, wie Pepton und Fleischextrakt (in der Nährbouillon). Demnach müssen sie den Mesosaprobien angehören.

Chlorella l., *Stichococcus v.*, *Chlorosphaera p.*, und *Scenedesmus n.* haben eine besondere Vorliebe anfangs für anorganische N-Verbindungen, bei längerer Kultur aber auch für Harnstoff, Glykokoll oder Asparagin. Sie trägt daher eigentlich den β -mesosaproben Charakter. Etwas anders verhält sich aber *Chlamydomonas l.* Diese bevorzugt besonders Asparagin. Sie läßt sich daher eigentlich in die α -Mesosaprobien einreihen.

Vergleichen wir diese Resultate mit denen von Kolkwitz u. Marsson (l.c. 1908, S. 510 ff.), und Kolkwitz (1911, S. 389 ff.), so finden wir eine fast vollkommene Übereinstimmung.

Nach meinen Versuchen.

Nach dem System von Kolkwitz
u. Marsson.

<i>Chlorella vulgaris</i> var. <i>lutescens</i>	β -mesosaprob	<i>Chlorella vulgaris</i>	α -mesosaprob.
<i>Stichococcus bacillaris</i> var. <i>viridis</i>	β -mesosaprob	<i>Stichococcus bacillaris</i> ..	β -mesosaprob.
<i>Scenedesmus obliquus</i> var. <i>non-liquefasciens</i> ..	β -mesosaprob	<i>Scenedesmus acutus</i>	β -masosaprob.
<i>Chlorosphaera putrida</i>	β -mesosaprob		
<i>Chlamydomonas koishikavensis</i>	α -mesosaprob		

Bezüglich des Verhaltens von *Chlorella vulgaris*, so ist da eine Differenz. Ich weiß aber nicht, ob die von Kolkwitz

untersuchte *Chlorella vulgaris* einer Stammart oder einer Rasse angehört. Da die Tabelle des Saprobiensystems von Kolkwitz gerade die physiologische Rasse nicht berücksichtigt, so bedarf es einer neuen Bearbeitung vermittels experimenteller Untersuchungen.

9. Ernährungsphysiologische Beziehungen zwischen
Algen und *Azotobacter*.

a) Isolierung von *Azotobacter chroococcum* var. und die
Merkmale desselben.

Bereits im Jahre 1888 bemerkte B. Frank, daß der Sandboden durch die Entwicklung von Algen an Stickstoff bereichert wurde, (vergl. B. Frank 1889, S. 34). Das Stickstoffbindungsvermögen der Algen wurde später durch die Untersuchungen von Schloesing und Laurent (1891), Bouilhac (1897) und neuerdings Heinze (1906) festgestellt. Die Untersuchungen dieser Autoren gründeten sich aber auf unreine Algen. Wieweit daher die Tätigkeit echter Algen dabei beteiligt ist, bleibt noch nachzuweisen.

Freien Stickstoff bindende Bakterien wurden, wie bekannt, zum ersten Mal von Beijerinck (1901) isoliert, nämlich *Azotobacter chroococcum* und *Az. agilis*.

Andere N-bindende Bakterien wurden von Löhnis (1905) gefunden. Ihre Tätigkeit war aber schwächer als die von *Azotobacter*.

Es ist von Beijerinck und Delden (1902, Bd. IX, S. 30) behauptet worden, daß das reinkultivierte *Azotobacter* kein N-bindendes Vermögen besitzt, und daß solches nur unter der Mitwirkung von saprophytischen Bakterien, wie *Granulobacter*, und *Aërobacter* zustande kommt. Diese Auffassung wurde aber von Gerlach und Vogel (1902, Bd. IX, S. 820.) und Freudenreich (1903, Bd. X, S. 520) als unrichtig bewiesen. Wir können jetzt mit Bestimmtheit von dem N-bindenden Vermögen des reinen *Azotobacters* sprechen.

Was nun aber das N-bindende Vermögen der Algen betrifft, so wurde dasselbe den reinen Chlorophyceen von Kossowitsch (1894), und Krüger und Schneidewind (1900) abgesprochen.

Nach E. Pringsheim (1913, S. 54) scheint das N-bindende Vermögen der Schizophyceen, das von mehreren Forschern hervor gehoben wurde, auf der Ausnutzbarkeit des von gemischten Bakterien assimilierten Stickstoffs durch gewisse Cyanophyceen zu beruhen.

Hinsichtlich der Symbiose zwischen Algen und *Azotobacter* gibt es auch mehrere Untersuchungen. Nach Reinke (1903 b) und Kentner (1903) beherbergen sowohl die Süßwasser- als auch die Meeresalgen, ja sogar die Planktonten, *Azotobacter* oder *Clostridium*.

Man darf aber die Symbiose zwischen den beiden Organismen nicht mit der Gegenwart von *Azotobacter* auf den Algen nachweisen wollen. Es ist eine Mischkultur der reinen Algen und des reinen Azotobacters erforderlich, um die Symbiose zwischen beiden klar zu stellen. Diesbezügliche Untersuchungen sind aber sehr spärlich. Beijerinck (1901, S. 576) bemerkt in seiner Arbeit, „Auch habe ich mehrere Versuche angestellt, um symbiotische Wachstumsförderung zu erreichen, zwischen niederen Algen und *Azotobacter*. Dafür verwendete ich einige Reinkulturen meiner Sammlung, nämlich die Chlorophyceen, *Stichococcus major*, *Chlorella vulgaris*, *Cystococcus humicola*, *Pleurococcus vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, und die Cyanophycee *Anabaena catenula*. Bisher konnte ich damit jedoch noch keine bedeutenden Resultate erzielen.“

Es drängen sich einem dann die Fragen auf: Können die Algen nicht den von *Azotobacter* gebundenen Stickstoff assimilieren? Können die ersteren tatsächlich nicht, worauf Beijerinck schon hinwies, die Wachstumsförderung des letzteren erreichen?

Um mir hierüber einige Klarheit zu verschaffen, unternahm ich die folgenden Untersuchungen. Ich ging dabei von der

Isolierung von *Azotobacter chroococcum* var. aus. Diese Varietät wurde aus dem Boden des hiesigen Botanischen Gartens isoliert. Die Isolierungsmethode war ähnlich derjenigen von Beijerinck (1901, S. 568, 574). Die Nährlösung wurde wie folgt hergestellt:

Leitungswasser	100 cm ³
Mannit	2 g
K ₂ HPO ₄	0.02 „

Die Nährlösung wurde mit einer kleinen Menge Bodenerde in Kolben von 200 cm³ Inhalt gegossen und im Thermostat bei 25°C gehalten. Nach einigen Tagen bildete sich auf der Oberfläche der Nährlösung eine dicke Kahmhaut. Eine Platinöse davon wurde mit destilliertem Wasser verdünnt, und ein Tropfen dieser Lösung wurde dann ins Mannit-oder ins Glukoseagar gegossen, und so eine Plattenkultur hergestellt.

Mannit-und Glukoseagar wurden auch nach Beijerinck hergestellt, d.i.:

H ₂ O	100 cm ³
Mannit od. Glukose	2 g
K ₂ HPO ₄	0.02 „
Agar	2 „

Nach einigen Tagen erhielt ich bei 30°C viele Bakterienkolonien. Unter dem Mikroskop zeichnete sich *Azotobacter* durch seine Größe und Form vor anderen Bakterien deutlich aus. Aus einer *Azotobacter*kolonie wurde die zweite Plattenkultur hergestellt. Man muß schließlich durch das isolierte *Azotobacter* die Abwesenheit anderer Bakterien nachweisen können. Kultiviert man das erhaltene *Azotobacter* in Nährbouillon, und tritt keine Trübung der letzteren ein, so ist seine Reinheit erwiesen (vergl. Gerlach u. Vogel, 1902, Bd. IX, S. 820).

Ich erhielt reines *Azotobacter* zweimal; die erste Isolierung

fand im März 1913 statt, die zweite im Mai 1914. Seine Heimat war immer die Erde des hiesigen Bot. Gartens.

Im folgenden werde ich eine kurze Übersicht der wichtigsten Merkmale des isolierten *Azotobacter* geben.

Kolonie: unregelmäßig rundlich; kleisterartig und undurchsichtig. Eine 10 Tage alte Kolonie auf Mannitagar bei 30°C hatte den Durchmesser von etwa 8 mm.

Individuum: ellipsoidisch, aus zwei Zellen bestehend, d.i., *Diplococcus*-artig; die Länge eines Individuums betrug 4–10 μ ; die Breite 2–5 μ ; die Involutionsformen waren oft 20 μ und darüber lang.

Grammsche Färbung: Positiv.

Geißelfärbung: Peritriche Geißel. Zwei Geißeln an den Polen der Zellen sind beständig, die anderen fallen leicht ab. [Die Geißelfärbung ist ein schwieriges Problem. Ich arbeitete immer mit einer Kultur, jünger als 24 Stunden, und nach dem von Löffler empfohlenen und von Fischer etwas modifizierten Verfahren (vergl. Strasburger, Bot. Pract. 1897, S. 405)].

Färbung mit Jodjodkaliumlösung: Winzige zahllose Körnchen sind mit dieser Lösung färbbar, die nach Jones (1913, S. 19) aus einer glykogenartigen Substanz bestehen.

Sporenfärbung: Mit dieser sind die einzelnen Granula in jeder Zelle färbbar; sie sind wahrscheinlich mit den „Gonidia-Spores“ von Jones identisch. (Beijerinck bemerkte am *Azotobacter* kein Vorkommen von Sporen, aber die Anwesenheit eines Kernes. Dagegen behauptete Prasmowski das

Vorhandensein von Endosporen beim *Azotobacter*. Jones (l.c., S. 19) entdeckte die mit Anilinfarbstoffen färbbaren Granula und nannte diese „Gonidia-Spores.“ Nach Jones teilen sich diese Gonidiosporen beim Zerfallen der Zellen. Nach dem Zerfallen der Zellen sind sie oft mit Zilien versehen und bewegbar. Sie werden später zu neuen Zellen. Nach Jones scheinen die Gonidiosporen identisch zu sein mit den von alten Autoren als Kern oder Endosporen bezeichneten Körperchen.)

Kultur in Nährbouillon: Keine Trübung.

Mannitagar, Strichkultur: g. M.; der Belag zerfließt leicht.

Mannitagar, Stielkultur: m. M.; aërobe Entwicklung.

Glukoseagar, Strichkultur; s. g. M.; anfangs ist der Belag konsistent, später aber zerfließt er.

„ „ Stielkultur: ger. M., aërobe Entwicklung.

Farbstoffbildung: alte Kultur auf Mannit- oder Glukoseagar wird gelbbraun.

Infolge des Vorhandenseins peritricher Geißeln steht das isolierte *Azotobacter* dem von Jones am nächsten. Wegen des zerfließbaren Belags auf Agarnährböden identifiziere ich mein *Azotobacter* als *Azotobacter chroococcum*, var. *A*₁, Jones.

b) Kulturversuche mit Agarnährböden.

Es war mir viel daran gelegen festzustellen, ob der von *Azotobacter* gebundene Stickstoff leicht durch seine Zellen austreten kann. Um mir darüber einige Klarheit zu verschaffen, kultivierte ich Algen und *Azotobacter* auf Agarnährböden, die keine Stickstoffverbindung enthielten. Nach etwa einmonatlicher Versuchsdauer (5/V–10/VI) konnte ich noch keine bemerkbare Wachs-

tumsförderung der Algen beobachten. Die Parallelkulturen waren wie folgt:

	Auf Glukoseagar nach Beijerinck.	Auf Mannitagar nach Beijerinck.
<i>Chlorella l.</i>	m. M., der Belag vergilbt leicht.	s. ger. M., grün.
<i>Stichococcus v.</i>	s. ger. M., grün.	s. ger. M., grün.
<i>Scenedesmus n.</i>	s. ger. M., grün.	s. ger. M., grün.
<i>Azotobacter ch. A₁</i> . .	g. M.	g. M.

Bei gemischter Kultur war das Wachstum des *Azotobacter* gut; jedoch konnte ich nicht entscheiden, ob es von den Algen gefördert wurde. Die weiteren Versuche bezogen sich auf die Ernährungsbeziehung zwischen getötetem *Azotobacter* und Algen. Eine 19 Tage alte Kultur von *Azotobacter* wurde auf Mannitagar im Dampftopfe sterilisiert. Nach der Sterilisation wurde ein und dasselbe Nähragar, ohne etwaigen Zusatz von Nährsalzen, mit Algen überimpft. Nach etwa zwei monatlicher Versuchsdauer erhielt ich die folgenden Resultate:

	<i>Chlorella l</i>	<i>Stichococcus v</i>	<i>Scenedesmus n</i>
Kontrollkulturen der Algen	s. ger. M.	s. ger. M.	s. ger. M.
Strichkultur der Algen mit getötetem <i>Azotobacter</i>	s. ger. M.	Etwas größere M. als die Kontrolle.	s. ger. M.
Stichkultur der Algen mit getötetem <i>Azotobacter</i>	Etwas größere M. als die Kontrolle.	Etwas größere M. als die Kontrolle.	k. W.

Bei diesen Resultaten sieht man also nur wenig Wachstumsförderung der Algen; der Förderungsgrad war aber so schwach, daß ich auf eine beschleunigende Wirkung des *Azotobacters* nicht mit Bestimmtheit schließen konnte.

Bei Agarkulturen war es ein großer Nachteil, daß die Algen sich dabei wegen der Spuren von beigemengtem Stickstoff ent-

wickeln können, was die Resultate sehr trübt. Die weiteren Versuche machte ich daher mit Flüssigkeitskulturen.

c) Kulturversuche mit Nährlösungen.

Die Nährlösung wurde nach Gerlach und Vogel (1902 Bd. IX, S. 818) hergestellt. Sie hatte die folgende Zusammensetzung:

H ₂ O	1000 cm ³
Glukose	5 g
K ₂ HPO ₄	0.5 „
CaCO ₃	0.5 „
NaCl	0.5 „
FeSO ₄	Spur.

Diese Lösung wurde zu je 100 cm³ in Kolben von etwa 200 cm³ Inhalt beschickt. Nach dreimaliger Sterilisation wurden die Kolben mit frisch gewonnenem *Azotobacter* und frischen Algen überimpft.

Eine Reihe dieser Kolben wurde in diffusem Licht und bei Zimmertemperatur gehalten; und andere wurden anfangs im Dunkeln und später im Licht kultiviert. Die Versuchsprotokolle waren die folgenden:

I. Kultur im Licht; Kulturdauer: 31/V '13–10/II '14.

Sterile Kolben.	2 kolben	Klar
<i>Azotobacter</i> .	4 kolben	Große Menge von <i>Azotobacter</i>
<i>Chlorella l.</i>	2 kolben	Klar
<i>Stichococcus v.</i>	„	Spur von Alge
<i>Scenedesmus n.</i>	„	Klar
<i>Chlorella l.</i> + <i>Azotobacter</i>	2 kolben	g. M. von Alge
<i>Stichococcus v.</i> + <i>Azotobacter</i>	„	m. M. von Alge
<i>Scenedesmus n.</i> + <i>Azotobacter</i>	„	m. M. von Alge

II. Dunkel-und Lichtkultur.

Kultur im Dunkeln : von 3/V-22/IX.

Nachfolgende Kultur im Lichte : von 22/IX-10/II.

		22/IX	10/II
Steril	(2 kolben)	Klar	Klar
<i>Azotobacter</i>	(4 kolben)	Große Menge von Az.	Größere Wachstumsmenge als bei Lichtkultur
<i>Chlorella l.</i>	(2 kolben)	Klar	Klar
<i>Stichococcus v.</i>	(2 kolben)	Klar	Klar
<i>Scenedesmus n.</i>	(2 kolben)	Klar	Klar
<i>Ch</i> + <i>Az</i>	(2 kolben)	Ein Kolben grün, anderer Kolben nicht grün	g. M. von Alge ; grün
<i>St</i> + <i>Az</i>	(2 kolben)	Nicht grün	m. M. von Alge ; hellgrün
<i>Sl</i> + <i>Az</i>	(2 kolben)	Nicht grün	ger. M. von Alge ; hellgrün

Am 10/II konnte ich in den Kolben keine oder kaum merkliche Reaktion der Glukose finden. Die Nährlösung zeigte auch mit Diphenylaminlösung keine Nitratreaction. Daher wurde sie der chemischen Analyse unterworfen.

Die Nährlösung sammt den Organismen aus je zwei Kolben wurde in eine Abdampfschale gegossen. Sie wurde durch Zusatz von H_2SO_4 sauer gemacht und durch Abdampfen stark kondensiert. Dann wurde sie, wie üblich, nach Kjeldahl behandelt. Die Resultate waren die folgenden :

Lichtkultur	N-Gehalt in 200 cm^3 der Nährlösung	Zunahme von N	Differenz der Stickstoffmengen bei <i>Azotobacter</i> und <i>Az.</i> + Algen.
Steril	0.70 mg		
<i>Azotobacter</i>	5.32 } 5.41 „	4.71 mg	
<i>Chlorella l.</i>	5.49 } 0.56 „		
<i>Ch</i> + <i>Az.</i>	6.30 „	5.74 „	1.03

Lichtkultur	N-Gehalt in 200 cm ³ der Nährlösung	Zunahme von N	Differenz der Stickstoff- mengen bei <i>Azotobacter</i> und <i>Az.</i> + Algen
<i>Stichococcus v.</i>	0.63 mg		
<i>St.</i> + <i>Az.</i>	6.16 „	5.53 mg	0.82
<i>Scenedesmus n.</i>	0.56 „		
<i>Sc.</i> + <i>Az.</i>	6.16 „	5.60 „	0.89

Dunkel- und Lichtkultur	N-Gehalt in 200 cm ³ der Nährlösung	Zunahme von N	Differenz der Stickstoff- mengen bei <i>Azotobacter</i> und <i>Az.</i> + Algen.
Steril	0.56 mg		
<i>Azotobacter</i>	5.88 } 5.67 „	5.11 mg	
<i>Chlorella l.</i>	5.46 } 0.56 „		
<i>Chlorella</i> + <i>Az.</i>	7.71 „	7.15 „	2.04
<i>Stichococcus v.</i>	0.70 „		
<i>St.</i> + <i>Az.</i>	6.86 „	6.16 „	1.05
<i>Scenedesmus n.</i>	0.70 „		
<i>Sc.</i> + <i>Az.</i>	6.02 „	5.32 „	0.21

Aus den obigen Versuchen geht klar hervor, daß die untersuchten Algen den von *Azotobacter* gebundenen Stickstoff assimilieren können, ohne selbst ein N-bindendes Vermögen zu besitzen.

Merkwürdigerweise üben die Algen, wie man aus obigen Tabelle ersieht, eine beschleunigende Wirkung auf die N-Bindung von *Azotobacter* aus; und zwar bei *Chlorella l.* in der Lichtkultur, und bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* in der Dunkel- und Lichtkultur. Das zeigt eine symbiotische Beziehung zwischen *Azotobacter* und Algen. Die Algen assimilieren etwaige N-Verbindungen von *Azotobacter*, und dies wird von den Algen in seinem Wachstum gefördert.

Worauf die beschleunigte N-Bindung des *Azotobacter* beruht, ist noch nicht entschieden. Nach der Arbeit von Gerlach und Vogel (1902, Bd. VIII, S. 671) hängt der N-Gewinn des *Azotobacter* sehr von der Durchlüftung ab. So war der N-Gewinn pro 1000 cm³ bei

flach ausgebreiteter Glukosenährlösung 18 mg, während er bei dick ausgebreiteter Nährlösung nur 5.1 mg betrug.

Man sollte erwarten, daß bei einer Mischkultur der von Algen gebildete Sauerstoff eine fördernde Wirkung auf die N-Bindung von *Azotobacter* ausübt. Die Algenentwicklung beginnt aber erst im krankhaften Zustande von *Azotobacter*. Es scheint daher noch fraglich, ob die beschleunigte N-Bindung bei der Mischkultur wirklich auf der Durchlüftung der Algen beruht.

Nun noch einige Worte über die gebundene N-Menge. Aus den Arbeiten von Beijerinck (1902, Bd. IX, S. 33) und Freudenreich (1903, Bd. X, S. 520) läßt sich erkennen, daß die unreine Kultur des *Azotobacter* eine größere N-Menge als die Reinkultur bindet. Handelt es sich aber um die Reinkultur, so üben noch die Virulenz (Beijerinck und Delden l.c., S. 5. Gerlach u. Vogel, (1902, Bd. IX, S. 890), die Durchlüftung (Gerlach u. Vogel, a. a. 0) und die Zuckermengen (Gerlach u. Vogel Bd. IX, S. 819) auf die gebundene N-Menge ihre verschiedenen Einflüsse aus. Je nach den verschiedenen Kulturbedingungen ist die gebundene N-Menge so variabel, daß man die Resultate verschiedener Autoren nicht ohne Weiteres mit einander vergleichen kann.

Daher vergleiche ich meine Resultate nur mit denjenigen von Gerlach u. Vogel. Nach Gerlach und Vogel ist der N-Gewinn von *Azotobacter chroococcum* pro Gramm Traubenzucker durchschnittlich 8.9 mg (Bd. IX, S. 819). Nach meinen eigenen Versuchen ist derselbe pro Gramm Traubenzucker 4.7—5.1 Mg. Ob das schwächere N-bindende Vermögen von meinem *Azotobacter* sich auf schlechtere Kulturbedingungen oder auf eine Verschiedenheit von Rassen zurückführen läßt, muß noch dahingestellt bleiben.

Ich stellte dann eine abermalige Mischkultur von *Azotobacter*

und Algen her. In diesem Falle wurden die Versuche aber auf zwei weitere Algen ausgedehnt. Die Nährlösung wich insofern von der früheren ab, daß anstatt der Glukose Mannit verwandt wurde. Das Impfmateriel von *Azotobacter* wurde wiederum frisch gewonnen. Es erwies sich als identisch mit der früher isolierten Varietät. Die Versuchsanordnungen waren wie früher. Alle Kulturen standen aber nur im diffusen Licht.

Die Versuchsprotokolle:

Angestellt, 21/V	24/VII	10/IX	10/X
Steril (4 kolben) <i>Azotobacter</i> (4 k.)	Klar Große Menge von Az.	Klar Große Menge von Az.	Die meisten Bakterien wurden braun Grün
<i>Chlorella</i> + Az. (3 k.)	Algenentwicklung deutlich	g. M. von Alge; grün	Grün
<i>Stichococcus</i> r. + Az. (3 k.)	Algenentwicklung deutlich	g. M. von Alge; grün	Grün
<i>Scenedesmus</i> n. + Az. (4 k.)	Algenentwicklung deutlich	ger. M. von Alge; grün	Gelbgrün
<i>Chlorosphaera</i> p. (2 k.)	Klar	Klar	
<i>Chlorosphaera</i> p. + Az. (3 k.)	Algenentwicklung deutlich	ger. M. von Alge; grün	Gelbgrün
<i>Chlamydomonas</i> k. (2 k.)	Klar	Klar	
<i>Chlamydomonas</i> k. + Az. (3 k.)	Algenentwicklung deutlich	ger. M. von Alge; grün	Gelbgrün

Gegen jede Erwartung wurden fast alle Kulturen von Pilzen befallen, so daß ich keine chemische Analyse ausführen konnte. Immerhin ließ sich feststellen, daß fünf der untersuchten Algen kein N-bindendes Vermögen besaßen, und daß sie erst infolge des von *Azotobacter* gebundenen Stickstoffs zu wachsen vermochten. Die Entwicklung von *Chlorella* l. und *Stichococcus* r. war dabei besser als die von *Scenedesmus* n., *Chlorosphaera* p. und *Chlamydomonas* k.

Die Beziehung zwischen dem Zerfall des Körpers von *Azotobacter* und zwischen der Algenentwicklung erregten mein besonderes Interesse. Die Entwicklung von *Azotobacter* nimmt, je nach den verschiedenen Temperaturen, im Laufe von zwei Wochen bis zu dreißig Tagen nach der Überimpfung langsam ab. Dabei sind die Bakterienkörper reichlich mit Granula gefüllt. Bei noch älteren Kulturen zerfallen die Zellen und in der Nährlösung kommen vereinzelte Granula vor. Die Entwicklung der Algen beginnt um die Zeit, wenn die Bakterienentwicklung sich verlangsamt, und der Zerfall der Bakterienkörper beginnt.

Bei der Mischkultur von Algen und *Azotobacter* tritt ein schnellerer Zerfall der Bakterienkörper ein, als bei der Reinkultur von *Azotobacter* selbst.

Beachtenswert ist auch der schnellere Zerfall der Bakterienkörper bei der Glukosenährlösung als bei der Mannitnährlösung. Nach Beijerinck (1901, S. 578) hemmt die erstere die Bakterienentwicklung früher als die letztere, weil unter Spaltung der Glukose leicht Säurebildung stattfindet. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß der beschleunigte Zerfall der Bakterienkörper bei Glukosenährlösung mit der Säurebildung im Zusammenhange steht. Es ist aber noch nicht festgestellt, worauf der Zerfall der Bakterienkörper in der Mischkultur beruht. Bei den weiteren Versuchen handelt es sich um Mischkulturen von abgetötetem *Azotobacter* und Algen. Dabei benutzte ich die Glukosenährlösung. Die anderen Versuchsanordnungen waren die gleichen wie früher. Die Reinkultur von *Azotobacter* wurde im Laufe von 14/VI–21/VIII sterilisiert, und dann mit Algen überimpft. Nach etwa sechs Monaten war die Algenentwicklung wie folgt:

Kulturdauer 21/VIII–10/II.

<i>Chlorella l.</i> ohne <i>Azotobacter</i> (Kontrolle)	Klar
<i>Chlorella l.</i> + getötetes <i>Azotobacter</i>	Algenentwicklung deutlich; ger. M. von Alge; grün.
<i>Stichococcus v.</i> (Kontrolle). . .	Klar.
<i>Stichococcus v.</i> + getötetes <i>Azotobacter</i>	Algenentwicklung deutlich; ger. M. von Alge; grün.
<i>Scenedesmus n.</i> (Kontrolle) . .	Klar.
<i>Scenedesmus. n.</i> + getötetes <i>Azotobacter</i>	Algenentwicklung deutlich; ger. M. von Alge; grün.

Nach diesen Resultaten ist die Algenentwicklung merklich schwächer als bei der Mischkultur von Algen und lebendigem *Azotobacter*. Die Sterilisierung von *Azotobacter* im Dampftopfe erschwert ohne Zweifel die Absorption des Stickstoffs für die Algen.

Es ist bekannt, daß die meisten Fermente, ihre wässrige Lösung vorausgesetzt, etwa bei 70° C abgetötet werden. Man kann daher mit Recht annehmen, daß nach der Sterilisation keine Autolyse von *Azotobacter* mehr zustande kommt. Diese mußte demgemäß, wennauch nur geringfügig, schon vor der Sterilisation stattfinden.

Daraus folgt, daß eine geringere Menge von absorbierbaren Stickstoffverbindungen bei abgetötetem *Azotobacter* gebildet wird als bei lebendigem. Dies läßt die Verschiedenheit der Algenentwicklung bei den beiden verschiedenen Zuständen von *Azotobacter* erklären. Gerlach und Vogel (Bd. IX, S. 884) behaupten im Gegensatz zu den Ansichten von Beijerinck und Delden (S. 40), und Reinke (1903 a, S. 379), daß der von *Azotobacter* gebundene Stickstoff erst nach dem Tode desselben frei wird. Nach meinen eigenen Versuchen muß ich die Ansichten der ersten beiden Autoren

für die richtige halten, weil ich erst bei alten Kulturen von *Azotobacter* stets eine Algenentwicklung beobachten konnte.

Nun fragt es sich noch, was für eine Stickstoffverbindung von *Azotobacter* gebildet wird.

Beijerinck und Delden (l.c. S. 42) vermuteten bei N-bindenden Bakterien Ammoniak oder Nitritbildung; ihre Versuche fielen aber negativ aus. Sie versuchten auch vergeblich Hydrazin und Hydroxylamin festzustellen.

Dagegen machte Jones (l.c. S. 22) darauf aufmerksam, daß er im Körper von *Azotobacter chroococcum* var. eine deutliche Nitratreaktion beobachten konnte. Oft fand er eine Reaktion von Ammoniak¹⁾, wobei er aber das Vorhandensein von denitrifizierenden Bakterien nachweisen konnte.

Angeregt durch diese interessante Entdeckung von Jones, versuchte ich eine Nachprüfung zu machen. Als Nährlösung benutzte ich die Mannitnährlösung, deren Zusammensetzung ich schon erwähnt habe. Die Kulturen wurden im Thermostat bei etwa 25° C gehalten. Nach einmonatlicher Kulturdauer (14/X–14/XI) wurde die Bakterienmasse durch Dekantieren in die Abdampfschale gegossen. Die Bakterienmasse zeigte mit einer Diphenylaminlösung von Schwefelsäure behandelt eine deutliche Nitratreaktion; die Nährlösung zeigte aber keine solche.

Weder die Bakterienmasse, noch die Nährlösung zeigten mit Nessler's Reagens behandelt irgendeine Reaktion.

Nach siebenmonatlicher Versuchsdauer fand ich in der Bakterienmasse keine oder nur eine sehr schwache Nitratreaktion. Eine solche konnte ich auch in der Nährlösung nicht finden.

Dann filtrierte ich die Nährlösung mit dem Chamberandschen Trichter, und setzte diesem Filtrat einige Tropfen von Nessler's

1) Jones hält eine nur mit Nessler's Reagenz reaktionsfähige Substanz für Ammoniak.

Reagens zu. Es zeigte eine deutliche Reaktion. Ob aber diese Reaktion mit der Anwesenheit von Ammoniak im Zusammenhange stand, weiß ich nicht, weil mehrere andere Substanzen ähnliche Reaktion zeigen können.

Bei der Autolyse von Bakterienkörpern ist anzunehmen, daß eine Ammoniakbildung als Folge der Eiweißspaltung möglich ist. Es wäre wünschenswert, diesbezüglich eine einwandfreie Prüfung anzustellen.

Nun entsteht die Frage, was für eine Bedeutung die Nitratbildung bei *Azotobacter* hat.

Die Nitratbildung geschieht, wie schon erwähnt, im frischen Zustande der Bakterien, und sie fehlt bei alten Kulturen. Daraus kann man schließen, daß sie eine Stufe der Stickstoffassimilation ist. Es ist auch festgestellt, daß das gebildete Nitrat nicht durch die Bakterienzellen austreten kann, weil eine Nitratreaktion nie in der Nährlösung zu finden war. Die Vermutung liegt nahe, daß das Nitrat zum Aufbau der Bakterienkörper verwandt wird.

Die den Algen zur Verfügung stehende Stickstoffverbindung, wahrscheinlich Ammoniak, muß erst bei der Autolyse der Bakterienkörper entstehen.

d). Kritik über die Hypothese der Symbiose zwischen
Algen und *Azotobacter*.

Auf Grund der oben erwähnten Versuche seien an dieser Stelle einige Worte der Kritik der bisher aufgetretenen Hypothesen über die Symbiose zwischen Algen und *Azotobacter* gewidmet.

Nach Reinke (1903 b) und Keutner (1905) war klar, daß sowohl Süßwasser als auch Meeresalgen *Azotobacter* beherbergen. Bezüglich der symbiotischen Beziehungen machten sie keine Versuche. Ob *Azotobacter* sich epiphytisch oder symbiotisch gegen Algen verhält, wurde nicht festgestellt.

Aus meinen eigenen Versuchen läßt sich aber der Schluß ziehen, daß Algen den durch Autolyse von *Azotobacter* frei werdenden Stickstoff absorbieren, und daß die N-Bindung des *Azotobacter* durch Algen gefördert wird.

Soviel scheint heute festzustehen, daß man unter der Symbiose zwischen Algen und *Azotobacter* nur das oben erwähnte Verhalten versteht. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das gleiche Verhalten auch in der Natur eine Rolle spielt. Allerdings muß man dabei, wie Hans und E. Pringsheim (1910, Bd. 26, S. 228) betonten, eine Mitwirkung von *Bacillus gelaticus* annehmen, weil *Azotobacter* allein keine agarlösende Wirkung aufweist.

Die Wirkung von *Azotobacter* ist im Haushalt der Natur in der Tat unerläßlich. Reinke (1903 a, S. 371) machte zum ersten Mal darauf aufmerksam, daß das Algen anhaftende *Azotobacter* eine disponible Quelle an Stickstoff bietet. Es schien aber, als ob er diese Quelle zu hoch bewertete. Man denke hier ans Mengenverhältnis zwischen Algen und *Azotobacter*. Nach meinen eigenen Beobachtungen sind viele tausend Individuen von *Azotobacter* nötig, um ein Individuum von einzelligen Algen wachsen zu lassen. Es ist aber unmöglich im Freien einzellige Algen zu finden, die je viele tausend von *Azotobacter* beherbergen. Es ist auch anzunehmen, daß der von *Azotobacter* frei werdende Stickstoff durch die Wasserbewegung der Algen verloren geht.

Es scheint mir auch zweifelhaft, ob *Azotobacter* alle Stickstoffbedürfnisse der großen Tange oder schnell wachsender Algen, wie *Porphyra* u. a., befriedigen kann.

Vom theoretischen Standpunkte können die Ernährungsbeziehungen zwischen Algen und *Azotobacter* ohne Zweifel behauptet werden. Ich möchte aber nicht behaupten, daß *Azotobacter* die hauptsächlichste Stickstoffquelle für Algen ist. Vor allem kommen dafür die

gelöst vorhandenen Stickstoffverbindungen in Betracht. Sowohl in Seen als auch im Meere gibt es nur geringe Mengen von Stickstoff (ich verweise hierfür namentlich auf die Arbeiten von Choda t (1898), Brand t (1897, 1902) und Gebbing (1910). Doch sind die Algen durch konstante Durcharbeitung imstande Stickstoff aus dem Wasser anzuhäufen.

Im Haushalte der Natur ist *Azotobacter* a priori eine unerläßliche N-Quelle. Durch den Zerfall ihrer Körper werden die Gewässer an Stickstoff bereichert. Neben dem organischen Detritus, den atmosphärischen Niederschlägen und den Zuflüssen ist *Azotobacter* ohne Zweifel als ein großes Magazin von Stickstoff anzusehen.

VI. Systematik.

I. Ernährungsphysiologische Merkmale der untersuchten Algen.

Unter diesem Kapitel möchte ich, wie in der Bakteriologie üblich, die untersuchten Algen physiologisch charakterisieren und sie dadurch von einander unterscheiden.

Diesbezügliche Merkmale werde ich hauptsächlich aus den schon erwähnten Ergebnissen ableiten. Einige Merkmale werden aber den weiter unten angeführten Resultaten entnommen werden. Die letzteren werden von den ersteren durch beigefügte Sternchen erkenntlich gemacht werden.

Chlorella vulgaris Beij var. *lutescens*, var. nov.

M-Agar-Strichkultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün
„ -Stichkultur	do.
Gl-Agar-Strichkultur	g. M. Kultur anfangs grün, später gelbgrün oder weiß.
„ -Stichkultur	do.

Gl-Agar-Schüttelkultur	Die aufliegenden Kolonien sind größer als die tiefer liegenden.
$\frac{1}{2}$ M-L-Kultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
Gl-L-Kultur	g. M. Kultur anfangs grün, später gelbgrün oder weiß.
M-Gelatine-Stichkultur	ger. M. Kultur grün. Keine Verflüssigung.
Gl-Gelatine-Stichkultur	m. M. Kultur grün. Keine Verflüssigung.
Nährbouillon-Kultur	ger. M.
K_2HPO_4 oder KH_2PO_4	Vorliebe für beide Reaktionen.
*Gl-Agar-Strichkultur im Dunkeln.	m. M. Kultur gelbgrün.
*Gl-L-Kultur im Dunkeln.	m. M. Kultur gelbgrün

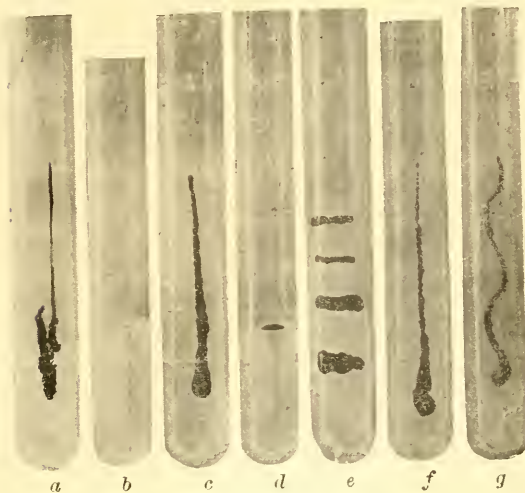


Fig. 2.

Kultur von *Chlorella vulgaris* Beij. var.
lutescens, var. nov.

- M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.
- „ -Stichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.
- Gl-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.
- „ -Stichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.
- Gl-Agar-Strichkultur. Impfstich wurde horizontal ausgezogen. Kulturdauer 21/XI-25/III.
- Gl-Agar-Strichkultur. Während des Versuches wurde die Kulturröhre invers gehängt. Kulturdauer 21/XI-25/III.
- Gl-Agar-Strichkultur. Impfstich wurde wellenförmig ausgezogen. Kulturdauer 27/VI-25/III.



Fig. 3.

Kultur von *Stichococcus bacillaris*
Näg. var. *viridis*, var. nov.

- M-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.
- M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.
- Gl-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.
- Gl-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 10/XI-25/III.

Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis*, var. nov.

M-Agar-Strichkultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
„ -Stichkultur	do.
Gl-Agar-Strichkultur	g. M. Kultur anfangs grün, später gelbgrün sogar weiß.
„ -Stichkultur	do.
„ -Schüttelkultur	die anfliegenden Kolonien größer als die tiefer liegenden.
$\frac{1}{2}$ M-L-Kultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
Gl-L-Kultur	g. M. Kultur anfangs grün, später gelbgrün sogar weiß.
M-Gelatine-Stichkultur	ger. M. Kultur grün. Keine Verflüssigung.
Gl-Gelatine-Stichkultur	m. M. Kultur grün. Keine Verflüssigung.
Nährbouillon-Kultur	Entwicklungsunfähig.
K_2HPO_4 oder KH_2PO_4	K_2HPO_4 bevorzugt (mit Artarischer Nähr- lösung).
*Gl-Agar-Strichkultur im Dunkeln	m. M. Kultur grün.
*Gl-Agar-Stichkultur im Dunkeln	m. M. Kultur gelbgrün.
*Dunkelkultur in Artarischer Nährlösungen	N-Quellen in Formen von KNO_3 , NH_4Cl , As- paragin oder Pepton. Wachstum schwach bis mäßig; alle Kulturen gelbgrün (nie weiß!).

Scenedesmus obliquus Ktz. var. *non-liquefasciens*, var. nov.

M-Agar-Strichkultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
„ -Stichkultur	do.
Gl-Agar-Strichkultur	ger. M. Kultur leicht braun werdend.
„ -Stichkultur	g. M. Anaërobe Entwicklung. Nach einigen Monaten vergilbt.
„ -Schüttelkultur	Anaërobe Entwicklung. Die tiefliegenden Kolo- nien sind ziemlich groß.
M-L-Kultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
Gl-L-Kultur	g. M. Kultur anfangs grün, später gelbgrün.
M-Gelatine-Stichkultur	ger. M. Kultur grün. Keine Verflüssigung.

Gl-Gelatine-Stichkultur	ger. M. größere M. als in M-Gelatine. Kultur grün. Keine Verflüssigung.
Nährbouillon-Kultur	Entwicklungsunfähig.
*Gl-Agar-Strichkultur im Dunkeln.	m. M. Kultur gelbgrün.

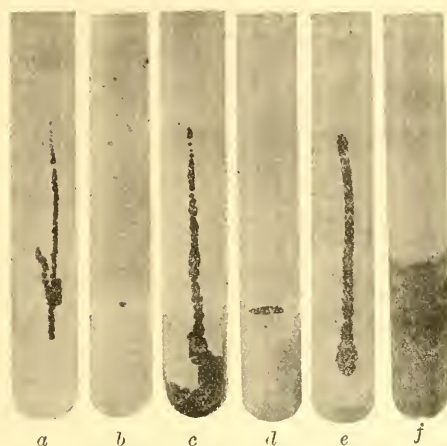


Fig. 4.

Kultur von *Chloro plautera putrida*, sp. nov.

- a. M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 21/X-25/III.
 b. M-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 21/X-25/III.
 c. Gl-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 21/X-25/III.
 d. Gl-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 21/X-25/III. Hier sieht man Gasbildung.
 e. M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 27/VI-25/III.

Die Wachstummenge in e ist größer als in a. Diese Abweichung ist auf die Verschiedenheit der Jahreszeiten während der Kultur zurückzuführen, weil die Algenentwicklung im Frühling und Sommer üppiger ist als in den übrigen Jahreszeiten.

- f. Gl-Gelatinestichkultur. Man sieht hier eine ziemlich deutliche Gelatineverflüssigung. Kulturdauer 22/XII-25/III.

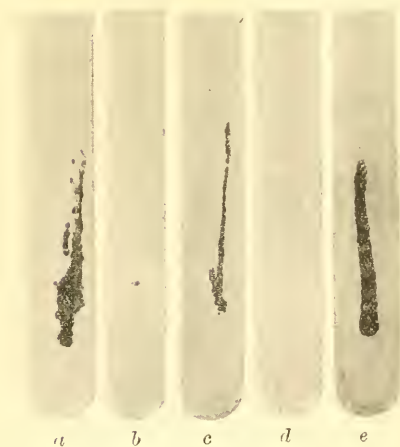


Fig. 5.

Kultur von *Chlamydomonas koishikawensis*, sp. nov.

- a. M-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.
 b. M-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.
 c. Gl-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.

Die beschleunigende Wirkung der Glukose für die Algenentwicklung ist im Winter undeutlich. Dieselbe ist aber in anderen Jahreszeiten deutlich zu erkennen.

- d. Gl-Agar-Stichkultur. Kulturdauer 21/XI-25/III.
 e. 1% Mannit-Agar-Strichkultur. Kulturdauer 27/VI-25/III.

Chlorosphaera putrida, sp. nov.

M-Agar-Strichkultur	ger. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
„ -Stichkultur	do.
Gl-Agar-Strichkultur	g. M. Leicht zerfließbarer Belag. Kultur später vergilbt.
„ -Stichkultur	m. M. Kultur anfangs grün, später vergilbt.
„ -Schüttelkultur	Aërobe Entwicklung. Gallertige Kolonien.
M-L	m. M. Kultur lange Zeit hindurch grün.
Gl-L	g. M. Kultur anfangs grün, später vergilbt.
M-Gelatine-Stichkultur	m. M. Keine Verflüssigung.
Gl-Gelatine-Stichkultur	g. M. Deutliche Verflüssigung.
Nährbouillon	ger. M.
*Gl-Agar-Strichkultur im Dunkeln	m. M. Kultur gelbgrün.

Chlamydomonas koishikarensis, sp. nov.

M-Agar-Strichkultur	m. M. Kultur gallertig.
„ -Stichkultur	ger. M. Kultur gallertig.
Gl-Agar-Strichkultur	g. M. Kultur gallertig. Keine Vergilbung.
„ -Stichkultur	do.
„ -Schüttelkultur	Aërobe Entwicklung. Gallertige Kolonien.
M-L-Kultur	m. M.
Gl-L-Kultur	g. M. Keine Vergilbung.
M-Gelatine-Stichkultur	m. M. Keine Verflüssigung.
Gl-Gelatine-Stichkultur	do.
Nährbouillon	Entwicklungsunfähig.
*Gl-Agar Strichkultur im Dunkel	s. ger. M. Kultur grün.

Physiologische Unterscheidungsmerkmale der untersuchten Algen.

In Nährbouillonkultur.

I. Entwicklungsfähig

§ Gl-Agar-Strichkultur.

Fester Belag *Chlorella vulgaris* Beij. var.
lutescens.

zerfließbarer Belag *Chlorosphaera putrida.*

II. Keine Entwicklung

§ Gallertiger Belag *Chlamydomonas koishikavensis.*

§ Nicht gallertiger Belag.

§§ Bei Gl-Agar-Kultur.

anaërobe Entwicklung, *Scenedesmus obliquus* Ktz. var.
non-liquefasciens.

aërobe Entwicklung, *Stichococcus bacillaris* Näg.
 var. *viridis.*

Diese Einteilung ist aber für die an Formen merklich differenzierten Algen unpraktisch. Bei der Bestimmung schwer unterscheidbarer Algen, wie die winzigen Protoceccaceen und Naviculaceen es sind, möchten aber die Kulturmerkmale von einigem Vorteil sein. Schon O. Richter (1903, S. 498) widmete sein Augenmerk auf charakteristische Kulturmerkmale, bzw. Kolonieförmigkeiten zur Diagnostizierung der von ihm isolierten Diatomeen. Weitere Kulturmerkmale wurden von Chodat (1913) zur Diagnostizierung der Chlorophyceen verwendet.

Jedenfalls ist es klar, daß die Kulturmerkmale für die Klassifikation der an Formen nicht stark differenzierten, physiologisch aber differenzierten Algen sehr nützlich sind, weil man danach die physiologischen Rassen klar von einander und von der Stammart unterscheiden kann.

2. Begriff der Spezies, Varietät, und physiologischen Rasse.

Der Begriff der Spezies ist nicht einheitlich. Bei den Bakterien und Pilzen verwenden wir oft die Kulturmerkmale, resp. die ernährungsphysiologischen Merkmale zur Diagnostizierung einer Spezies.

Bei den Phanerogamen kommen außerdem noch die morphologischen Merkmale in Anwendung. Außerdem fasst man die „Spezies,“ bald im weiteren, bald im engeren Sinne auf, und so existieren s. g. Sammel- resp. Elementararten nebeneinander.

Die Unterscheidungsmerkmale der Spezies und der Varietät sind auch niemals beständig. Es ist ganz willkürlich, ob man eine in Frage kommende Pflanze als eine Spezies oder als eine Varietät betrachten will.

Die Systematik der Algen gründete sich seit langer Zeit vorwiegend auf die morphologischen Merkmale. Nach dem Auffinden der Reinkultur kamen aber die Kulturmerkmale, resp. die ernährungsphysiologischen Merkmale zur Diagnostizierung einer Varietät oder sogar einer Art in Anwendung. Dies ist ohne Frage ein Fortschritt in der Systematik, weil die Klassifikation der an Formen nicht differenzierten, aber stark physiologisch differenzierten Algen, wie es bei Bakterien der Fall ist, nur durch Kulturmerkmale ausführbar ist.

Artari (1902, S. 173) machte uns zum ersten Mal darauf aufmerksam, daß unter den Algen physiologische Rassen existieren. Nach diesem Autor liebt *Chlorococcum infusionum* als Flechtengonidien besonders Pepton, während es als freie Alge Nitrat bevorzugt. Heutzutage kennen wir eine große Anzahl von physiologischen Rassen, bei denen man die Arbeit von Chodat ('13) benutzen kann.

Es fragt sich nun, wie eine Rasse in der Nomenklatur behandelt werden soll.

Im Jahre 1906 nannte Artari (l.c.) eine ernährungsphysiologische Art *Chlorella communis* Artari. In einer neuen Arbeit (1913 l.c.) beschrieb er aber dieselbe Alge als eine Varietät von *Chlorella vulgaris* Beij. Heute haben wir daher eine physiologische Art bei den Algen nicht mehr. Chodat (1913) unterscheidet viele Algen

durch Kulturmerkmale (Kolonieformen, Koloniefarben, Gelatineverflüssigungsvermögen u. a.), und läßt sie als Varietäten gelten; z. B. *Chlorella vulgaris* var. *genevensis*,—var. *viridis*,—var. *intermedia* u. a.

Die Ansicht der beiden oben genannten Autoren ist auch die meinige. Allerdings möchte ich hervorheben, daß ich zur Unterscheidung der Art nur die morphologischen Merkmale, zur Unterscheidung der Varietät aber die Kulturmerkmale benutze. Dieser Unterschied ist aber nur bei rein kultiverbaren Algen anzuwenden, bei den nicht rein kultivierbaren Algen ist er unanwendbar.

Nun bleibt die Frage zu beantworten, ob die physiologischen Eigenschaften beständig sind.

Artari (1906, S. 190) teilte schon mit, daß die Vorliebe von *Chlorella communis* für die Ammoniumverbindungen ziemlich konstant ist. Es ist jedoch oft möglich die physiologischen Eigenschaften bei wiederholten Kulturversuchen abzuändern. Nach Artari (1913 S. 453) wies die lange in 9% Glukoselösung kultivierte *Chlamydomonas Ehrenbergii* eine bessere Entwicklung auf als die lange in 1% Glukoselösung kultivierte, wenn beide später in 9% Glukoselösung überimpft wurden. Eine derartig modifizierte Alge soll aber, wie Artari behauptet, leicht zu ihrer ursprünglichen Natur zurückkehren. Nach Beijerinck (1893) ging die gelatineverflüssigende Eigenschaft von *Scenedesmus acutus* nach wiederholten Kulturen verloren. Der Verlust dieser Eigenschaft sollte auch als ein Beispiel der Modifikation gelten. Bis jetzt ist es aber niemandem gelungen ein erheblich konstantes Merkmal der Algen auf experimentellem Wege hervorzurufen. Andere Kulturmerkmale, wie Kolonieformen und Koloniefarben sollen bei gleichen Bedingungen immer gleichartig bleiben.

Hieraus geht hervor, daß die Kulturmerkmale, resp. die ernährungsphysiologischen Merkmale für die Klassifikation von rein-kultivierten Algen einwandfrei verwendet werden können.

3. Beschreibung und Identifizierung der gezüchteten Algen.

Die Bestimmung der mikroskopischen Algen ist keineswegs leicht, besonders infolge der unvollkommenen Beschreibung früherer Autoren.

Handelt es sich um eine physiologische Rasse, so ist die Schwierigkeit um so größer. Da die Versuchsmethoden bei den verschiedenen Arbeiten nicht immer ganz die gleichen sind, darf man nicht ohne weiteres die Alge des einen Autors mit der Alge des anderen vergleichen. Es ist daher wünschenswert auch bei Algenkulturen die allgemein üblichen Nährmedien, wie Nährbouillon, Nähragar und Nährgelatine in der Bakteriologie, zu adoptieren. Dadurch würde die Identifizierung der physiologischen Rassen ohne Zweifel erleichtert werden.

Wir sollten die Kulturmedien in der ausgezeichneten Arbeit von Chodat (1913), „Monographies d'algues en culture pure“ adoptieren.

Die nachfolgenden Beschreibungen begründen sich, wie schon erwähnt, teils auf morphologische, teils auf physiologische Merkmale. Die Einteilung der Familien basierte sich völlig auf das System von Wille (1911, Nachträge zu „Die natürlichen Pflanzenfamilien von Engler.“)

Familie Volvocaceae.

Chlamydomonas koishikawensis, sp. nov.

Fundort; Kulturflasche der Wasserpflanzen im bot. Institut,
Koishikawa, Tokyo.

Größenverhältnis; Vegetative Zellen: Länge, 12–20 μ ; Dicke,
7–12 μ .

Gameten: Länge 6–11 μ ; Dicke, 4–5 μ .

Dies ist eine einzellige Alge mit zwei langen Geißeln, die fast

körperlang sind. Der Palmellazustand kommt bei verschiedenen Kulturen vor. Derselbe kommt durch Zellwandquellung zustande. So konnte ich durch Färbung mit Methylenblau oder Delafieldschem Haematoxylin zwei gallertige Schichten um jede Zelle nebst einer allgemeinen Gallertmasse finden. Die Zellform beim Palmellazustand ist, wenn der letztere frisch ist, ellipsoidisch, im älteren Zustande aber kugelig. Man kann daher den ellipsoidischen Zustand den Gloeotheca- oder Gloeocystiszustand zum Unterschied vom kugeligen echten Palmellazustand nennen.

Die Zellwand ist mit Methylenblau färbbar. Sie gibt mit Chlorzinkjodlösung oder $I + H_2SO_4$ eine gelbe Reaktion. Goroschan-kin (1890-'91) konnte in der Zellwand von Chlamydomonaden keine Zellulose-Reaktion wahrnehmen, er konnte aber eine solche bei den kopulierenden Gameten von *Chlamydomonas Brannii* finden. Die Zellwand ist dünn, oval-eiförmig, vorn mit einer kurzen Warze, aus der zwei Zilien hervorragen. An der Basis der Zilien liegen zwei Vakuolen.

Der Chromatophor ist tief becherförmig und grün. Assimilationsprodukt ist Amylodextrin.

Da ist nur ein Pyrenoid im normalen Zustand, rundlich, lateral in der Mitte der Zelle, aber nicht wandständig. Es können aber mehrere vorhanden sein, so konnte ich bei M-Agar-Kultur sogar fünf Pyrenoide finden. Jedes Pyrenoid ist von einer Amylodextrinherde umgeben.

Der Kern liegt vor dem Pyrenoid. Er ist mit Jodjodlösung behandelt deutlich zu sehen.

Der Augenfleck ist klein, eiförmig und wandständig in der Nähe des Vakuolen. Er ist schwach gerötet.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Querteilung und Längsteilung, wobei 2–4 Individuen entstehen. Dabei findet

die erste Teilung immer querweise statt, die zweite aber längsweise. Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Isogameten, die in den meisten Fällen je vier in einer Zelle entstehen. Die Gameten sind mit einer Zellwand versehen, und ihrer Form nach den vegetativen Zellen sehr ähnlich. Die ersteren sind aber etwas kleiner als die letzteren. Die Kopulation der Gameten ist gerade, und wird mit deren Vorderende vermittelt.

Die Zygosporen sind bald nach der Bildung grün und etwa 10μ lang. Sie werden später braun und größer, etwa 20μ und sind mit reinen Stärkekörnern gefüllt. Die Zygosporenmembran ist glatt und dreischichtig; die äußere und innere Schicht sind doppelkontuiert und glänzend, die mittlere Schicht ist matt und weiter als die beiden anderen. Die Organisation ist ähnlich wie die der Zygosporen von *Chlamydomonas Steinii* Goroschankin. Jedoch konnte ich, ungleich der letzteren, die vierte Schicht von außen nicht finden. Die Zygosporenmembran wird wie die der vegetativen Zellen mit Chlorzinkjodlösung oder $I+H_2SO_4$ gelb.

Im April hatte ich Gelegenheit eine Keimung der Zygosporen in einer Mineralsalzlösung zu beobachten. Aus jeder Zygospore schlüpfen je vier vegetative Zellen (vergl. Tafel III, Fig. 13).

An dieser Stelle möchte ich einige Worte über die Vermehrung des Pyrenoids hinzufügen. Dill (1896, S. 329) beobachtete schon die Vermehrung des Pyrenoids bei *Chlamydomonas longistigma* Dill. Nach diesem Autor besitzt die Alge im normalen Zustande 2–3 Pyrenoide. Bei Kulturen in verschiedenen prozentigen Nährlösungen wachsen die Pyrenoide zu Bändern aus und es entstehen dann durch Abschnürungen mehrere Pyrenoide. Bei anderen Arten konnte Dill keine solche Vermehrung des Pyrenoids konstatieren. Die Vermehrungsfähigkeit war also ein charakteristisches Merkmal von *Chlamydomonas longistigma*.

Chlamydomonas koishikawensis ist erheblich kleiner als die obige Art, und der Augenfleck von *Chlamydomonas k.* ist viel kürzer als derjenigen der letzteren. Nach Größe und Form ist unsere Art *Chlamydomonas parietaria* Dill sehr ähnlich. *Chlamydomonas koishikawensis* läßt sich jedoch durch die Anwesenheit der Zellwand bei den Gameten, die nicht wandständigen Pyrenoide, und den eiförmigen Augenfleck von der letzteren Art unterscheiden. Hiermit möchte ich unsere *Chlamydomonas* für eine neue Art halten.

Familie Tetrasporaceae.

Chlorosphaera putrida, sp. nov.

Fundort; Ein übelriechendes Abwasser bei Koishikawa, Tokyo.

Größenverhältnis; Durchmesser der Zellen, 6–30 μ ; in meisten Fällen, 10–20 μ .

Im normalen Zustand bildet die Alge durch lockere Verbindung der zahlreichen Zellen eine gewebeartige Zellfamilie, und bildet so einen grünen Überzug auf dem Untergrunde des Abwassers. Die Größe der Zellfamilie ist je nach den Kulturbedingungen variabel.

Die Zellen sind beinahe kugelig; bei Bildung der Zellfamilie werden sie infolge gegenseitigen Druckes eckig.

Die Zellwand ist dick und besteht aus zwei Schichten, von denen die äußere dicker als die innere ist. Die äußere Schicht ist gallertig, und dient zur Bindung der Zellen. Mit Methylenblau und Delafieldschem Haematoxylin färbt sich die innere Schicht intensiver als die äußere.

Der Chromatophor ist hohlkugelig, netzförmig gelöchert, mit 1–3 Pyrenoiden. Durch Färbung mit Haidenhainschem Eisenalaun-Haematoxylin und Fuchsin ist die Struktur des Chromatophors deutlich sichtbar. Das Assimilationsprodukt ist reine Stärke und Amylodextrin.

Die Vermehrung geschieht durch Zweiteilung der Zellen,

außerdem findet eine Aplanosporen- und Zoosporenbildung statt. Die Aplanosporen sind ellipsoidisch, $4 \times 6 \mu$ groß. Die Zoosporen sind oval mit zwei Geißeln etwa $3 \times 6 \mu$ groß. Die Zahl der Zoosporen in einer Zelle übertrifft bei weitem diejenige der Aplanosporen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung findet bei dieser Alge niemals statt.

Die *Chlorosphaera*-Gattung wurde vielfach mit der *Pleurococcus*-Gattung verwechselt. Doch läßt sich die erstere durch den netzförmigen Chromatophor und die Anwesenheit der Zoosporenbildung von der letzteren unschwer unterscheiden (Wille, 1911).

Es scheint daher nicht richtig, daß Migula (1907) *Chlorosphaera angulosa* Klebs als *Pleurococcus angulosus* Menegh. Klebs bezeichnete. De Toni teilte die Gattung *Pleurococcus* in zwei Sectionen, nämlich *Eupleurococcus* und *Chlorosphaera*. Nach diesem System müssen die Klebs'schen *Chlorosphaera*-Arten zur *Pleurococcus*-Gattung gerechnet werden.

Nach dem System von Wille rechne ich aber meine Alge zur Gattung *Chlorosphaera* Klebs.

Alle bis jetzt bekannten *Chlorosphaera*-Arten bilden, soweit meine Studien in der Literatur darüber reichen (Klebs, 1883; De Toni, 1889; Migula, 1907) eine kleine Zellfamilie, die höchstens aus 64 Zellen besteht. Meine Alge bildet dagegen auch in der Mineralsalznährlösung eine große Zellfamilie, die aus vielen Hunderten von Zellen besteht, so daß ich meine *Chlorosphaera*-Art für eine neue Art halten muß.

Familie Oocystaceae.

Chlorella vulgaris Beij. Beijerinck, 1890; Grintzesco, 1903.

Synonym: *Chlorococcum protogenitum* (Bias) Rab. 1868 III, S. 58.

Varietäten: var. *communis* Artari, 1913.
var. *generensis* Chodat, 1913.
var. *viridis* Chodat, 1913.
var. *intermedia* Chodat, 1913.

Chlorella vulgaris Beij.

var. *lutescens*, var. nov.

Fundort; Aus einem Teich bei Fukagawa, Tokyo.

Durchmesser der Zellen: 3–10 μ , oft 15 μ .

Dies ist auch eine einzellige Alge, einzeln lebend und kugelig. Die Zellwand ist dünn und färbt sich mit Chlorzinkjodlösung oder I+H₂SO₄ gelb, wonach die Zellwandsubstanz keine reine Zellulose ist.

Der Chromatophor ist halbglockenförmig. Beim langen Aufenthalt in Glukosenährmedien desorganisiert er leicht und entfärbt sich.

Das Pyrenoid ist deutlich in Mineralsalznährmedien zu erkennen, aber undeutlich bei alten Kulturen in Glukosenährmedien.

Das Plasma ist im guten Zustande der Kultur klar und granuliert im schlechten Zustande (wie bei alten Kulturen in Glukosenährmedien u.s.w.).

Die Fortpflanzung geschieht durch Aplanosporen, 4–8 in jeder Zelle.

Das Assimilationsprodukt ist glykogenartig, wahrscheinlich Amylodextein. Beijerinck (1890, S. 758) fand bei *Chlorella vulgaris*, eine mit Jod sich braun färbende Substanz und nannte sie schlechthin Paramylum (vergl. weiter unten).

Ehe ich zur vergleichenden Betrachtung meiner Varietät mit anderen Varietäten übergehe, will ich kurz die Stammart, *Chlorella vulgaris* Beij. erwähnen.

Die physiologischen Untersuchungen von Beijerinck über die

Stammart sind nicht so genau, daß man daraus ein sicheres physiologisches Merkmal machen kann. Es ist daher kaum einwandfrei, wenn Artari *Chlorella communis* aus ernährungsphysiologischen Gründen von *Chlorella vulgaris* Beij. unterscheidet. Es ist auch fraglich, ob die von Grintzesco als *Ch. vulgaris* bezeichnete Alge völlig mit der Stammart identisch ist. *Chlorella vulgaris* Beij. dient daher heute nur als eine Sammelname von verschiedenen physiologischen Rassen. Sie ist physiologisch nicht bestimmbar. Unsere *Chlorella* läßt sich durch die schlechte Chlorophyllbildung auf Gl-Agar oder in Gl-L im Dunkeln von *Chlorella vulgaris* Grintzesco unterscheiden. Hinsichtlich dieser Eigenschaft ist unsere Alge *Ch. vulgaris* var. *communis* ähnlich. Abweichend im Charakter ist aber, daß meine Rasse, im Gegensatz zur Rasse von Artari, nicht nur in alkalischer Lösung, sondern auch in saurer gedeihen kann. Mit Bezug auf die bevorzugte N- und C-Verbindungen zeigen die beiden auch kleine Abweichungen.

Ich möchte noch die folgenden Eigenschaften bei meiner Varietät hervorheben, wodurch sie sich von den Rassen von Chodat (vergl. 1913, S. 88) unterscheiden läßt.

1. Unsere Varietät zeigt in ihrer Kolonie nicht die grüneren radialen Strahlen, was von var. *genevensis* abweicht.
2. Sie ist leicht vergilbbar auf Gl-Agar (Abweichung von var. *viridis*).
3. Sie zeigt keine Gelatineverflüssigung (Abweichung von var. *intermedia*).

Auf Grund der oben genannten Eigenschaften sehe ich meine Alge als eine neue Varietät (=physiologische Rasse) an.

Familie Coelastraceae.

Scenedesmus obliquus (Tur.) K_g.

Kützing, 1833; Rabenhorst, 1868 III, S. 64;
De Toni, 1889 I, S. 566; Brunthaler, 1913, S. 53;
Chodat, 1913.

Synonym: *Achnanthes obliqua* Turpin, 1828.

Scenedesmus acutus Meyen, 1828.

Scenedesmus acutus Meyen, bei Grintzesco, 1902.

var. *non-liquefasciens*, var. nov.

Fundort: Aus einem Teich für Fischkultur bei Fukagawa, Tokyo.

Länge : 8–11 μ , oft 20 (bei Gelatinekultur).

Dicke : 2–8 μ .

Gewöhnlich bildet die Alge 4–8 zellige Zönobien; häufig kommt sie aber auch vereinzelt vor. Die Zellen sind stark polymorph; im normalen Zustande sind sie spindelförmig, sehr oft werden sie aber ellipsoidisch oder sogar kugelig.

Die Zellwand ist dünn und besteht aus zwei Schichten. Die äußere Schicht ist gallertig und dient zur Bindung der Zellen. Die Zellwandsubstanz färbt sich mit $I + H_2SO_4$ gelb.

Der Chromatophor ist parietal, mit einem Ausschnitt und mit einem Pyrenoid versehen.

Im schlechten Zustande ist das Plasma sehr granuliert und damit desorganisiert auch der Chromatophor.

Das Assimilationsprodukt: unreine Stärke, wahrscheinlich Amylodextrin.

Die Vermehrung geschieht durch Aplanosporen, die je 2, 4, oder 8 in jeder Zelle vorkommen.

Petersen (1912, S. 170) machte darauf aufmerksam, daß *Scenedesmus acutus* an den Enden der Zellen je ein Bündel Borsten besitzt. Meine diesbezüglichen Versuche bei var. *non-liquefasciens* fielen ganz negativ aus. Die nach der Löfflerschen Methode oder nach Zettnow versuchte Färbung blieb erfolglos.

Auch unter Dunkelfeldbeleuchtung zeigte die Alge keine Borsten. Es ist möglich, daß die Borsten infolge langer Kultur verloren gingen.

Das Gelatineverflüssigungsvermögen fehlte bei unserer Varietät völlig. Nach Chodat (1913, S. 30) gibt es mehrere physiologische Rassen bei *Scenedesmus obliquus*, die sich durch ein mehr oder weniger starkes Verflüssigungsvermögen von einander unterscheiden lassen. Ich konnte aber in seiner Arbeit keine Rasse finden, der das Verflüssigungsvermögen fehlte. Damit ist meine Alge als eine neue Varietät anzusehen.

Familie Ulotrichaceae.

Stichococcus bacillaris Näg.

Nägeli, 1849, P. 76. Tafel, IV; Rabenhorst, 1868. III, P. 47; Hansgirg, 1886, P. 139; De Toni, 1886. I, P. 686. (Pyrenoide singulo instructa); Wille, 1911; Chodat, 1913.

var. *viridis*, var. nov.

Fundort: Ein Teich für Fischkultur, bei Fukagawa, Tokyo.

Länge : 3–8 μ bei M-Agar oder M-L.

6–14 μ bei Gl-Agar oder Gl-L.

14–20 μ bei 22% Glukoselösung.

bis 30 μ bei Glukosegelatine.

Dicke : 2–3 μ .

Es ist eine einzellige Alge, die immer vereinzelt lebt. Die Zellform ist stäbchenförmig und oft an einem Ende der Zellen gabelig oder verdickt (polymorph).

Die Länge der Zellen ist sehr variabel; die Dicke aber ziemlich konstant.

Die Zellwand ist dünn und färbt sich mit Chlorzinkjodlösung oder $I+H_2SO_4$ gelb.

Die Alge ist mit einer parietalen Chlorophyllplatte versehen,

die niemals ein Pyrenoid besitzt.

Hausgirt, De Toni, und Wille halten eine mit Pyrenoid versehene Alge für *Stichococcus bacillaris*. Diese Ansicht kann ich aber nicht teilen. Ich schließe mich dabei völlig der Ansicht von Chodat (1913, S. 145) an. Nach Chodat ('09, S. 117) scheint das Körperchen in den Figuren von Nägeli identisch mit einem Öltropfen zu sein.

Das Plasma ist im guten Zustande der Kultur klar, bei schlechtem aber granuliert. Die Chlorophyllplatte wird bei allen Kulturen in Glukosenährmedien wellig, und teilt sich schließlich in mehrere Plättchen.

Die Vermehrung erfolgt durch Zweiteilung der Zellen.

Unsere Alge läßt sich deutlich durch ihre Größenverhältnisse von *Stichococcus pallescens* Chodat und *St. minor* (Näg.) Chodat unterscheiden. Durch das Fehlen der Gelatineverflüssigung läßt sich unsere Alge von *St. bacillaris* unterscheiden. Unsere Alge verblaßt nicht in einer als N-Quelle mit Kaliumnitrat versehenen Nährlösung im Dunkeln. Diese Erscheinung weicht von der von Artari (1902, S. 203) bei *Stichococcus bacillaris* konstatierten völlig ab. Das Verhalten gegen saure Lösung ist auch von der Stammart abweichend.

Aus diesem Grunde ist unsere Alge eine neue Varietät von *Stichococcus bacillaris*.

VII. Farbenwechsel.

Während der Untersuchungen über die Nährwerte der C-Verbindungen zog die Vergilbungserscheinung meine besondere Aufmerksamkeit auf sich. Dabei fand ich dieselbe Erscheinung bei Glukose wie auch bei den anderen bevorzugten Zuckernährmedien, während ich bei Mineralsalznährmedien keine solche beobachten konnte.

Die vergilbten Algen wurden nach längerer Kultur ganz farblos, um endlich abzusterben; die Algen in Mineralsalznährmedien blieben dagegen schön grün.

Der Entfärbungsvorgang trat bei den Glukosenährmedien, die eine N-Quelle in Form von Ammoniak enthielten, frühzeitig hervor.

Die ungenügenden bisherigen Erfahrungen betreffs des Entfärbungsvorgangs der Algen veranlaßten mich weitere Versuche anzustellen.

Nachdem wir einen Überblick über die bisherigen Angaben der in Frage stehenden Erscheinungen gewonnen haben, möchte ich zur Besprechung der Resultate unserer eigenen Untersuchungen übergehen. Als Erläuterung möchte ich zunächst die folgende Tabelle zeigen.

Autoren	Jahre	Algen	Am Lichte od. im Dunkeln	Kurze Darstellungen
Artari	1902	<i>Stichococcus bacillaris</i> .	Im Dunkeln.	Bei KNO ₃ u. Leucin farblos, bei Asparagin u. Pepton grün.
„	1902	<i>Scenedesmus caudatus</i> .	Am L.	In 3-5% Glukoselösung farblos.
„	1906	<i>Chlorella communis</i> .	Im D.	In 1% Glukoselösung gelbgrün.
„	1913	<i>Chlamydomonas Ehrenbergii</i>	Im D.	Verhält sich wie <i>Ch. communis</i>
Boresch	1913	<i>Phormidium</i> u. <i>Chlamydomonas</i> .	Am L.	Durch N-Mangel entfärbt.
Chodat	1913	<i>Chlorella vulgaris</i> .	Am L.	Durch schlechtes Equilibrium zwischen den Mengen der C- und N-Verbindun- gen entfärbt.
Gaidukov	1903	<i>Oscillaria sancta</i> .		Komplementäre chromatische Adapta- tion.
Grintzesco	1902	<i>Scenedesmus acutus</i> .	Am L.	Bei 1-2% Glukosenährboden vergilbt.
„	1903	<i>Chlorella vulgaris</i> .	Am L.	Bei „ „ nicht vergilbt.
Krüger	1894	<i>Chlorella protothecoides</i> <i>Chlorothecium saccharo- philum</i> .	Am L.	Bei verschiedenen N- und C-Verb. ver- blagt.
Kufferath	1913	<i>Chlorella luteo-viridis</i> var. <i>lutescens</i> .	Am L.	Bei „gelose glycerin-pomme de terre saccharose“ und bei verschiedenen Zuckerarten entfärbt.
Magnus u. Schindler	1912	Oscillarien.	Am L.	Durch N-Mangel entfärbt.
Schindler	1913	Oscillarien.	Am L.	Durch N-Mangel entfärbt.
Matruchot u. Molliard	1900	<i>Stichococcus bacillaris</i> .	Am L.	Bei 3% Dextrin- od. Lävulosegelatine vergilbt.

Autoren	Jahre	Algen	Am Licht od. im Dunkeln	Kurze Darstellungen
E. Pringsheim	1913	<i>Euglena gracilis</i> .		Die Ursachen der Entfärbung: Dunkelkultur, üppige Ernährung und N-Mangel.
Zumstein	1900	<i>Euglena gracilis</i> .	Am L.	In sehr reichen organischen Lös. farblos. (Zumstein kannte auch den Einfluß des Stickstoffs).
			Im D.	In organischen Nährlösungen farblos.

Betreffs der früheren Angaben möge man auch die Angabe von Kufferath (1913) zum Vergleich ziehen.

Aus den oben angeführten Angaben geht hervor, daß die reiche Ernährung an Kohlenstoff selbst im Licht eine Vergilbung oder gänzliche Entfärbung hervorruft. Nach den Angaben von Boresch, Schindler und Chodat wissen wir, daß diese Erscheinung durch einen N-Mangel hervorgerufen wird.

Beachtenswert ist die Behauptung von Chodat (1903, S. 91). Er hat den Vergilbungsvorgang auf das schlechte Equilibrium zwischen den Mengen der C- und N-Verbindungen zurückgeführt. Diese Ansicht gründete sich aber nicht auf ausführliche Untersuchungen, sondern ist zum Teil hypothetisch, und die Frage, wie sich der Saprophytismus und der N-Mangel zu einander verhalten, blieb offen.

Bezüglich der Verblassung im Dunkeln, so führt Artari (1902, S. 206) sie auf die schlechten Nährbedingungen zurück. Nach diesem Autor kann *Stichococcus bacillaris* bei der Ernährung mit bevorzugten N-Verbindungen, wie Asparagin oder weinsaures Ammonium, selbst im Dunkeln schönes Chlorophyll bilden, während die Alge bei der Ernährung mit KNO_3 oder Leucin farblos wird.

Viele Abhandlungen äußern sich dahin, daß die Farbstoffbildung von der Lichtintensität abhängt. Berthold (1882) machte darauf aufmerksam, daß viele Florideen infolge starker Lichtintensität verblassen. Die Beobachtungen von Oltmanns (1892, S. 406 ff.)

stimmten weitgehend mit denen von Berthold überein. N a d s o n (1908)¹⁾ hat darauf hingewiesen, daß *Phormidium* im hellen Sonnenschein hellgelb wird. In der neueren Arbeit von K y l i n (1912, S. 536 ff.) sieht man eine ganze Reihe solcher Beispiele bei Cyanophyceen und Florideen.

Schon G a i d u k o v in 1902 wies hin auf die komplementäre chromatische Adaptation der Algen (vergl. Gaidukov 1903). Dieser Autor kultivierte *Oscillaria sancta* und *Os. caldariosum* hinter farbigen Lösungen und fand, daß die Algen eine Komplementärfarbe der auf sie fallenden Strahlen annahmen. Schon im Jahre 1900 bemerkte N a d s o n¹⁾ eine ähnliche Erscheinung in der Natur. Nach diesem Autor sind die in Muschelschalen lebenden Cyanophyceen und *Conchocoelis*, sp. (eine Art der Chlorophyceae) im tiefen Wasser rot, im flachen dagegen grün. Es scheint daher, als ob die Algen eine Komplementärfarbe zu den in ihrem Standorte überwiegend auf sie fallenden Strahlen annehmen.

Die Theorie von G a i d u k o v ist heute aber nicht mehr stichhaltig. So konstatierte Schindler (1913) bei Oscillarien den Einfluß der Lichtintensität auf die Farbenveränderung, ohne eine Beeinflussung im Sinne von G a i d u k o v dabei wahrzunehmen. Dagegen hebt Schindler den Einfluß von N-Mangel auf die Farbenveränderung hervor.

Es ist klar, daß die Farbenveränderung der Cyanophyceen bald auf einem N-Mangel und bald auf der Zerstörung durch starke Lichtintensität beruht.

Die Zerstörungskraft des Lichtes gegen das Chlorophyll ist uns seit langer Zeit bekannt. Dies wurde hauptsächlich vermittels Anwendung alkoholischer Lösungen bestätigt. Ich verweise in dieser Beziehung namentlich auf die Arbeiten von S a c h s (1864, S.

1) Zitiert nach Schindler, 1913.

362) und Reinke (1885, S. 128). Das lebende Chlorophyll ist aber ziemlich lichtfest.

N. Pringsheim (1879, S. 326 ff.) war der erste, welcher die Zerstörung des lebenden Chlorophylls durch intensives Licht bemerkte.

Nach Wiesner (1874) soll die Lichtfestigkeit des Chlorophylls im lebenden Körper eine nur scheinbare sein. Beim lebenden Chlorophyll findet fortwährend sowohl eine Zerstörung als auch eine Neubildung des Chlorophylls statt, und nur beim Gleichgewicht der beiden Prozesse bleibt die Totalmenge des Chlorophylls gleich. Diese Ansicht wurde später von Iwanowski (1913), und im etwas anderen Sinne, von Wager (1914) unterstützt. Nach Wager geht die Zerstörung des Chlorophylls im Lichte mit der CO_2 -Assimilation hand in hand. Die Folge der Zerstörung des Chlorophylls ist die Bildung von Aldehyd und einer anderen oxydierbaren Substanz.

Die Arbeiten von Sachs, Reinke und Wager zeigen, im Gegensatz zum Resultat von N. Pringsheim, übereinstimmend, daß rote Strahlen das Chlorophyll rascher als blaue Strahlen zu zerstören vermögen.

Beachtenswert sind hier die Resultate von Krüger (1894). Nach diesem Autor verblassen *Chlorella protothecoides* und *Chlorothecium saccharophilum* sowohl in verschiedenen C-Verbindungen als auch in verschiedenen N-Verbindungen. Die Verblassung in den letzteren Verbindungen muß aber einer Kritik unterzogen werden. Nach Krüger verblassen die oben genannten Algen sowohl in anorganischen als auch in organischen N-Verbindungen. Bemerkenswert ist, daß er denselben immer Glukose in einer Dosis von 1% zusetzte. Nach meiner Meinung muß die Verblassung bei KNO_3 auf die Wirkung der Glukose zurückgeführt werden. Die Verblassung bei anorganischen Ammoniumverbindungen konnte ich auch bei unseren Algen beobachten. Näheres darüber folgt später.

Nun fragt es sich, ob die Verblässung und Vergilbung der Algen bei reichen organischen Stickstoffverbindungen ohne Zusatz von Zucker vor sich gehen können. Nach meinen eigenen Untersuchungen bin ich geneigt zu denken, daß diese Erscheinungen dann nicht auftreten. Das von Krüger bei weinsaurem Ammonium, Asparagin, oder Pepton konstatierte Verblässen wird wahrscheinlich auf der Wirkung der Glukose beruhen.

A. BEDINGUNGEN DER VERGILBUNG.

1. Beziehungen zwischen der Vergilbung und den C-Verbindungen.

Wir haben schon bei den Untersuchungen über die Nährwerte der C-Verbindungen gesehen, daß *Chlorella l.*, *Stichococcus v.*, *Scenedesmus n.* und *Chlorosphaera p.* früher oder später bei Gl-Agar oder Gl-L vergilben. Bei *Chlamydomonas k.* konnte ich aber in diesen Nährmedien keine Vergilbung wahrnehmen. Im Winter sieht man aber, daß der an der Oberfläche der Nährlösungen (M-L od. Gl-L) und an der Glaswand liegende Teil der Kulturen sich braun färbt. Nach der Untersuchung wurde es aber klar, daß die Entfärbung durch die Gegenwart von gelben, kugeligen, mit Stärke gefüllten Zellen verursacht wird. Man könnte jene Entfärbung vielleicht als eine Überwinterungserscheinung betrachten.

Die Kontrollkulturen von *Chlorella l.*, *Stichococcus v.* und *Scenedesmus n.* auf M-Agar oder in M-L waren noch nach Verlauf von etwa einem Jahre frisch grün. Der Fall liegt bei *Chlorosphaera p.* etwas anders. So beobachtete ich oft die Vergilbungserscheinung nach längerer Kultur sowohl in M-L (Kontrollkultur) als auch in Gl-L. Ich konnte aber feststellen, daß bei diesen Lösungen die Lichtintensität von großer Bedeutung ist. So fand ich bei den Versuchen im Winter oder im Frühling keine Entfärbung in M-L.

Im Sommer passierte es mir aber gegen meine Erwartung, daß im Verlauf von drei Monaten fünf vor dem Fenster aufgestellte Kulturen vergilbten, und fünf andere vom Fenster entfernt aufgestellte Kulturen ganz grün blieben.

Es ist von einigem Interesse zu finden, daß sich bei Gl-Gelatine kein Vergilbungsvorgang zeigt. So konnte ich z. B. bei *Chlorella l.*, *Stichococcus v.* und *Scenedemus n.* denselben in einer Stichkultur sogar nach Verlauf von sieben Monaten noch nicht beobachten. Die Algenentwicklung auf Glukosegelatine steht derjenigen auf Gl-Agar bei weitem nach, woraus sich schließen läßt, daß die Assimilation der Glukose auf Glukosegelatine langsamer vor sich geht. Die Abwesenheit der Vergilbungserscheinung bei Anwendung von Gl-Gelatine ist augenscheinlich darauf zurückzuführen.

Nun will ich besonders auf die Versuche mit der Agarkultur, bei denen 1% C-Quelle enthalten war, etwas näher eingehen. Die Versuchsprotokolle sieht man im Kapitel 5, Abschnitt V. Die Resultate waren wie folgt:

Chlorella l.

Vergilbt sowohl bei Strich- als auch Stichkultur:

Glukose, Galaktose, Saccharose,
Mannose und Mannit.

Vergilbt nur bei Stichkultur: Maltose.

Vergilbt weder bei Strich- noch bei Stichkultur:

Raffinose, Inulin, Glyzerin und Laktose.

Die Algenentwicklung einer vergilbbaren Strichkultur übertrifft bei weitem die bei der nicht vergilbbaren Strichkultur. Das Verhalten bei der Stichkultur ist aber unregelmäßig.

Stichococcus v.

Vergilbt sowohl bei Strich-

als auch bei Stichkultur: Glukose und Mannose.

Vergilbt nur bei Stichkultur: Galaktose und Maltose.

Vergilbt weder bei Strich-

noch bei Stichkultur : Saccharose, Mannit, Raffinose,
Laktose, Inulin und Glyzerin.

Die Algenentwicklung übertrifft bei vergilbbarer Strichkultur bei weitem die bei der nicht vergilbbaren Strichkultur. Das Verhalten bei der Stichkultur ist aber unregelmäßig.

Scenedesmus n.

Vergilbt sowohl bei Strich-als

auch bei Stichkultur : Glukose, Galaktose, Mannit,
Maltose und Mannose.

Vergilbt nur bei Strichkultur: Saccharose und Laktose.

Vergilbt nicht bei Strichkultur: Raffinose. Inulin und Glyzerin.

Vergilbt nicht bei Stichkultur: Saccharose, Laktose, Raffinose,
Inulin und Glyzerin.

Beim nicht vergilbbaren Zustande bei Stichkultur weisen die Algen in den meisten Fällen geringere Entwicklung als beim vergilbbaren Zustande auf. Bei der Strichkultur liegt der Fall ganz anders. Bei dieser ist der Anaërobismus stark ausgeprägt, und daher ist die Algenentwicklung sehr schlecht. Ungeachtet dessen vergilbt die Alge frühzeitig, woraus wir schließen können, daß die Luft als solche bei dieser Kultur eine giftige Einwirkung ausüben kann.

Chlorosphaera p.

Vergilbt bei Strichkultur : Glukose, (Galaktose ?) Mannit,
Raffinose und Laktose.

„ bei Stichkultur : Saccharose, Maltose, Mannit,
Raffinose und Laktose.

Vergilbt nicht bei Strichkultur: Saccharose, Maltose, Mannose
und Glyzerin.

Vergilbt nicht bei Stiehkultur : Glukose, Galactose, Mannose und Glyzerin.

Bei der Striehkultur konnte ich beobachten, daß die bessere Algenentwicklung eine Vergilbung mit sich bringt. Bei der Stiehkultur ist es umgekehrt. Bei Glukose, Galaktose und Mannose ist die Entwicklung besser als bei Saccharose, Maltose, Mannit, Raffinose und Laktose. Die Vergilbungsercheinung tritt nur bei den letztgenannten C-Quellen auf. Bei Glyzerin ist die Algenentwicklung schwach, und da ist keine Vergilbung.

Chlamydomonas k.

Bei keinen der zu den Versuchen angewandten C-Verbindungen trat eine Vergilbung ein.

Von den oben erwähnten Resultaten seien die folgenden besonders hervorgehoben.

- a). *Stichococcus v.* vergilbt nicht bei der Galaktoseagarstiehkultur; dagegen vergilbt er bei der Stiehkultur im selben Medium. Ähnlich verhalten sich die Maltoseagarkulturen von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*
- b). Bei ein und derselben Kulturweise rufen die verschiedenen C-Quellen früher oder später Vergilbung hervor (siehe Kapitel 3 dieses Abschnitts).

Betrachten wir die Beziehung zwischen Vergilbung und Algenentwicklung, so sehen wir, daß die beiden Erscheinungen in vielen Fällen parallel gehen, z. B. bei den Striehkulturen von *Chlorella l.*, *Stichococcus v.* und *Chlorosphæra p.*, und bei den Stiehkulturen von *Scenedesmus n.* und *Stichococcus v.* In diesen Fällen übertrifft die Algenentwicklung der vergilbbaren Kulturen bei weitem diejenige der nicht vergilbbaren. Es mag sein, daß die C-Verbindungen bei den nicht vergilbbaren Kulturen für die Algen schwer assimilierbar sind. Man kann daher bei der vergilbbaren Kultur eine sapro-

phytische Lebensweise vermuten, als dessen Folge die Vergilbungserscheinung eintritt. Ob aber diese Vermutung richtig ist, wird später diskutiert werden.

Bei der Strichkultur von *Scenedesmus n.* und bei der Stichkultur von *Chlorosphaera p.* ist das Wachstum bei der vergilbbaren Kultur viel geringer als das bei der nicht vergilbbaren Kultur. Das Verhalten von *Scenedesmus n.* ist aber begreiflich, wenn man an die stark mikraörophile Eigenschaft dieser Alge bei den vergilbbaren Kulturen denkt. So scheint es natürlich, daß die Algenentwicklung bei der vergilbbaren Strichkultur der nicht vergilbbaren Kultur nachsteht. Wie ist nun das Verhalten von *Chlorosphaera p.* bei der Stichkultur erklärlich? Es scheint mir hier eine besondere Eigenschaft der Alge vorzuliegen. Die Entwicklung in Glukose-, Galaktose- und Mannoseagarstichkulturen übertrifft diejenige der vergilbbaren Stichkulturen. Man findet aber keine Vergilbung bei den erst genannten Kulturen. Die Entwicklung bei Glyzerinagarstichkultur ist ähnlich wie die bei den vergilbbaren Stichkulturen. Glyzerin ist für *Chlorosphaera p.* schwer assimilierbar. Die Abwesenheit der Vergilbungserscheinung versteht sich daher von selbst.

Ähnlich verhält sich die Stichkultur von *Chlorella l.* Die Entwicklung bei Raffinoseagarstichkultur übertrifft erheblich diejenige der vergilbbaren Stichkulturen. Trotzdem findet man keine Vergilbung bei der ersteren. Die Entwicklung bei Inulin- Glyzerin- und Laktoseagarstichkultur ist ähnlich wie die bei den vergilbbaren Stichkulturen. Diese drei C-Verbindungen sind für *Chlorella l.* schwer assimilierbar, womit die Abwesenheit der Vergilbungserscheinung erklärlich ist.

Es ist noch besonders hervorzuheben, daß die Entwicklung bei den vergilbbaren Stichkulturen oft der bei den nicht vergilbbaren Stichkulturen nachsteht. In diesem Falle sieht man einen ziemlich deutlichen Mikraörobismus bei den letzteren Kulturen.

Es ist aber auf eine besondere Eigenschaft der *Chlorosphaera p.* und *Chlorella l.* zurückzuführen, daß bei den nicht vergilbbaren Stichkulturen trotz größerer Entwicklung der Algen keine Vergilbung zustande kommt.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, daß die Algen bei verschiedenen Wachstumsgraden zu einer saprophytischen Lebensweise übergehen können. Dies sollte eine Beweis dafür sein, daß die Vergilbung eine ökologische Erscheinung ist.

Weiterhin stellte ich Versuche an, um die Beziehungen zwischen Vergilbung und Konzentration der Glukose bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* festzustellen. Betreffs der Versuchsprotokolle verweise ich auf den Unterabschnitt C.

Als Resultat ergab sich, daß die beiden Algen auch auf einem mit 1%, 2%, 5% oder 10%-Glukose versehenen Agarnährboden vergilbten.

Bei *Chlorella l.* machte ich weitere Versuche mit Nährlösungen. Die Resultate waren ähnlich wie die bei Agarkultur. Ein Zusatz 0.5%-Glukose, sowohl bei Lösungs- als auch bei Agarkultur, rief keine Vergilbung hervor.

Zum Schluß dieses Kapitels will ich meinen Versuch über den Einfluß von Maltose auf die Vergilbung von *Scenedesmus n.* beschreiben.

Nach Beijerinck (1890) wird *Scenedesmus acutus* bei Malzextraktgelatine farblos, die 12% Maltose enthält. Er sagt „Das Chromatophor verliert auf solchem substanzreichen Nährboden aber die frisch grüne Farbe, und ausschließlich sieht man von Chlorophyllfarbstoff kaum etwas mehr“ (siehe S. 730).

Da aber sein Nährboden eine unbekannte Zusammensetzung hatte, war es sehr fraglich, ob die Verblassung wirklich mit dem „substanzreichen Nährboden“ im Zusammenhang stand. Es schien mir

daher nötig eine Nachprüfung vorzunehmen. Dabei bediente ich mich eines Nährbodens mit folgender Zusammensetzung.

M-L ohne $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca Cl}_2$ 0.1%

+ Gelatine 15%

+ Maltose

Mit oder ohne weitere Zugabe von N-Verbindung.

Das Nährsubstrat wurde zu je 7 cm³ in Probierröhrchen gegossen. Nach der Sterilisation wurde eine Stichkultur hergestellt. Die Versuchsprotokolle sind die folgenden:

Kulturdauer: 10/XII '13–19/V '14.

+2% Maltose	ger. M. farblos!
+5 „	do.
+12 „	„
+2% Maltose + 0.2% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	„
+5 „ + „	„
+12 „ + „	„
+2% Maltose + 0.2% Asparagin	„
+5 „ + „	„
+12 „ + „	„

Weitere Versuche wurden mit Maltoseagarstichkultur gemacht.

Kulturdauer: 28/VI–22/IX.

M-Agar + 2% Maltose	g. M.; grün
„ + 5 „	do.
„ + 10 „	s. g. M.; grün

Bei Maltosegelatine trat die Entfärbung deutlich auf. Diese läßt sich aber nicht auf reiche Ernährung, sondern vielmehr auf eine schlechte Ernährung zurückführen, weil die Entwicklung dabei sehr schlecht war. Die Richtigkeit dieser Annahme folgt auch

daraus, daß die Alge bei Agarkultur keine Entfärbung hervorruft. Wir haben schon im Abschnitte V beobachtet, daß *Scenedesmus* beim 1% Maltoseagar im Verlaufe von fünf Monaten vergilbte aber keineswegs weiß wurde. Jedenfalls ging die Entfärbung im Sinne von Beijerinck nie vor sich.

Daher halte ich die verblassende Wirkung von Maltose im Sinne von Beijerinck kaum für möglich. Es ist unbestimmt, ob die von Beijerinck erforschte Alge nicht einer anderen Rasse von *Scenedesmus obliquus* angehört.

2. Vergilbungsstand bei Glukosenährmedien.

Um das Wesen der Vergilbungserscheinung klar zu stellen, beobachtete ich besonders vorsichtig den Vergilbungsstand bei Glukosenähragar. Der Vergilbungsstand ist besonders kompliziert. Es ist zunächst zu bemerken, daß der Vergilbungsstand je nach der anaëroben oder aëroben Entwicklung deutliche Verschiedenheiten aufweist. Hiermit unterscheidet sich der Vergilbungsstand bei *Scenedesmus n.* deutlich von dem der anderen untersuchten Algen.

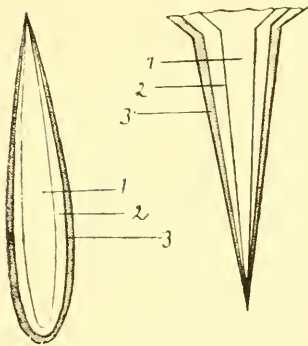


Fig. 6. Fig. 7.

Schematische Darstellungen vom Wachstumsstande bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*

Fig. 6. Strichbelag von oben gesehen.

Fig. 7. Stichbelag von den Seiten gesehen.

Erste Vergilbungszone geschwärzt
(Erklärung im Text.)

a). Vergilbungsstand bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*

Der Wachstumsstand dieser Algen bei Glukoseagar-Strichkultur und-Stichkultur ist aus den beigegeführten Abbildungen zu ersehen. Dabei zeigt, (1) erster Wachstumsbezirk,

(2) zweiter und (3) dritter. Die Vergilbung bei der Strichkultur tritt zuerst im dritten Wachstumsbezirk ein. Die Vergilbung des folgenden Wachstumsbezirks hängt von der Bestrahlung ab. Bestrahlt an der Oberfläche der Agarschräge schreitet die Vergilbung bis in die Mitte des an der Oberfläche befindlichen Teils des Algenbelags fort; die hinteren und zentralen Teile des Algenbelags bleiben dabei lange grün. Schließlich vergilbt auch der hintere Teil, und nur der zentrale Teil behält eine grüne Farbe. Wird die Hinterseite des Agars bestrahlt, so vergilbt der hintere Teil gleichzeitig mit der Oberfläche.

Bei Stichkultur tritt die Vergilbung zuerst am peripherischen Teil des Algenbelags auf. Die Oberfläche bleibt dabei lange grün. Dies zeigt, daß in diesem Fall die Luft eine hemmende Wirkung auf die Vergilbung ausübt. Bei der Vergilbung in der Stichkultur konnte ich keinen Einfluß einseitiger Beleuchtung konstatieren. Der Algenbelag vergilbte in gleicher Weise, einerlei von welcher Seite er beleuchtet wurde.

Um eine einseitige Beleuchtung zu erhalten, genügt es diffuses Licht durch das Fenster direkt auf eine Seite der Kulturröhren fallen zu lassen, oder die Kulturröhren mit durchlöchertem schwarzen Papier zu bedecken, durch dessen Löcher das Licht auf die Kultur fällt.

Der Vergilbungsstand von *Chlorosphaera p.* hängt gleichfalls von der Beleuchtung ab. Bei Strichkultur fand ich aber eine gleichmäßige Vergilbung der Oberfläche des Algenbelags, wenn die Strichkultur von der Oberfläche beleuchtet wurde; die hintere Seite behielt aber lange ihre grüne Farbe.

b). Vergilbungsstand bei *Scenedesmus n.*

Glukosestrichkultur weist, wie schon erwähnt, eine schlechte Entwicklung auf, und es zeigt sich nur ein kleiner Algenbelag.

Dieser wird frühzeitig gelbbraun und dann weiß. Die Entfärbung beginnt in der Mitte der Oberfläche des Belags, dann verfärbt sich der peripherische Teil. Der hintere Teil bleibt dagegen lange grün, und ich konnte keinen Einfluß der einseitigen Beleuchtung konstatieren. Der Vergilbungsstand war der gleiche, ob die Kultur von der Oberfläche oder von der Hinterseite des Agars beleuchtet wurde. Daraus kann man schließen, daß der Vergilbungsstand in diesem Falle völlig von der Luft abhängt (vergl. Fig. 8; 1, Erste Wachstumszone, 2, zweite, 3, dritte; entfärbte Teile geschwärzt).

Bei der Stichkultur vergilbt der obere der Luft ausgesetzte Teil des Belags frühzeitig. Daraus ersieht man die nachteilige Einwirkung der Luft. Bei längerer Kulturdauer vergilbt der peripherische Teil des Belags. In diesem Falle konnte ich den Einfluß einseitiger Beleuchtung beobachten. Die Vergilbung beginnt auf der beleuchteten Seite des Belags. Bei alter Stichkultur verblaßt der obere Teil des Belags völlig, der innere Teil aber behält eine gelbgrüne Farbe (vergl. Fig. 9, Bezeichnung dieselbe wie in 8).

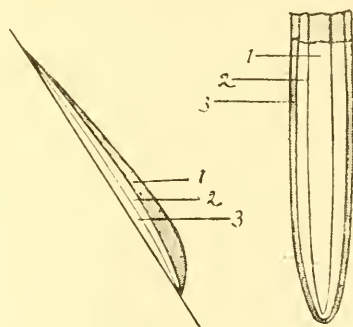


Fig. 8. Fig. 9.

Schematische Darstellungen vom Wachstumsstande bei *Scenedesmus n.*
Fig. 8. Strichbelag von den Seiten gesehen.

Fig. 9. Stichbelag von den Seiten gesehen.

(Erklärung im Text.)

Nun noch einige Worte über den Vergilbungsstand bei der Glukoselösungskultur. Bei dieser befindet sich die Algenmasse am Boden der Kolben. Bei *Chlorella l.* und *Scenedesmus n.* beginnt die Vergilbung zuerst an der oberen Schicht der Algenmasse. Wir können also einen Einfluß des Lichtes annehmen. Bei *Stichococcus v.* und *Chlorosphaera p.* tritt die Vergilbung gleichmäßig bei allen Teilen der Algenmasse auf.

Aus obigem geht hervor, daß Luft und Licht bei der Vergilbungserscheinung von großer Bedeutung sind. Es fragt sich nun, ob sie die hauptsächlichen Ursachen der Vergilbung sind. Sie können allerdings oft einen großen Einfluß auf die Vergilbung ausüben; die hauptsächliche Ursache bilden sie jedoch nie. Die Vergilbung bei der Strichkultur von *Scenedesmus n.* muß ohne Zweifel auf der Gegenwart der Glukose und der schädigenden Einwirkung der Luft beruhen. In diesem Falle ist die Gegenwart der Glukose die Hauptursache, weil die Verfärbung nie beim M-Agar auftritt. Einen großen aber untergeordneten Einfluß übt auf die Entfärbung auch das Licht aus.

Man denke auch an die Vergilbung sowohl bei der Strich-als auch bei der Stichkultur von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* und bei der Stichkultur von *Scenedesmus n.* Die Vergilbung beginnt bei der Strichkultur zuerst an den Rändern des Algenbelags und bei der Stichkultur am peripherischen Teil des Belags. Es ist sehr wohl möglich, daß die zuerst vergilbenden Teile mit reicherer Ernährung und bevorzugten Wachstumsbedingungen ausgestattet sind. So kann man bei jenen Teilen des Algenbelags immer eine weitere Entwicklung beobachten. Daher könnte man bei den zuerst vergilbenden Teilen an die neueste Generation der Algen denken. Bei der Vergilbung von Strichkultur ist sowohl die Luft, als auch das Licht nur von untergeordneter Wichtigkeit, denn, obgleich alle Teile der Luft und dem Lichte in gleicher Weise ausgesetzt sind, vergilben zunächst die Ränder des Belags, während die Vergilbung des mittleren Teils erst später einsetzt. Bei der Stichkultur übt das Licht oft eine bedeutende Wirkung aus, doch kann auch die beschattete Seite des Belags später vergilben.

Aus dem oben erwähnten ergibt sich, daß die hauptsächlichste Ursache der Vergilbung im Vorhandensein von Glukose liegt.

3. Von der Überimpfung bis zur Vergilbung vergangene Zeitdauer.

Die vergilbbaren Kulturen besitzen im frischen Zustande eine fast gleich grüne Farbe, wie die Kulturen auf und in Mineralsalznährboden. Erst nach mehr oder weniger langer Zeitdauer beginnen sie zu vergilben. Diesbezügliche Beobachtungen sind sehr spärlich. Ohne besondere Vorsicht soll man oft die Endfarben für normal halten. Um diese Lücke etwas auszufüllen, teile ich die folgenden Beobachtungen mit, aber die gewonnenen Resultate sind nicht ganz präzise. Sie genügen jedoch die Verschiedenheit der Zeitdauer, die von der Überimpfung bis zur Vergilbung verfließt, zu zeigen. Alle Daten wurden dem Abschnitte V entnommen.

Kulturbedingungen: Zimmertemperatur; diffuses Licht.

Zeitdauer bei Agarkulturen.

Chlorella l.

M-Agar	Strichkultur	Stichkultur
+2% Glukose	Etwa 94 Tage (22/XI-14/II)	101 Tage (22/XI-2/III)
+2% Galaktose	„ 68 „ (4/XII-10/II)	89 „ (4/XII-3/III)
+2% Mannose	„ 68 „ (4/XII-10/II)	89 „ (4/XII-3/III)
+2% Mannit	„ 68 „ (4/XII-10/II)	146 „ (4/XII-29/IV)
+2% Saccharose	„ 146 „ (4/XII-29/IV)	89 „ (4/XII-3/III)
+2% Maltose	Keine Vergilbung	89 „ (4/XII-3/III)

Stichococcus l.

M-Agar	Strichkultur	Stichkultur
+2% Glukose	118 Tage (5/VI-1/X) 117 „ (29/XI-26/III)	94 Tage (29/XI-3/III)
+2% Galaktose	146 „ (4/XII-29/IV)	113 „ (4/XII-27/III)
+2% Mannose	Keine Vergilbung	113 „ (4/XII-27/III)
+2% Maltose	Keine Vergilbung	113 „ (4/XII-27/III)

Scenedesmus v. (C-Quelle, 1%)

M-Agar	Strichkultur	Stichkultur
+ Glukose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Gelbgrün nach { 2 M. (21/VI-23/VIII) 5 M. (29/XI-29/IV)
+ Galaktose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Gelbgrün nach 2 M. (29/VI-23/VIII)
+ Mannit	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Gelbgrün nach 2 M. (29/VI-23/VIII)
+ Maltose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Gelbgrün nach 2 M. (29/VI-23/VIII)
+ Mannose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Gelbgrün nach 2 M. (29/VI-23/VIII)
+ Saccharose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Keine Vergilbung
+ Laktose	Gelbweiß nach 2 Monaten (21/VI-23/VIII)	Keine Vergilbung

Chlorosphaera p. (C-Quelle, 2%)

M-Agar	Strichkultur	Stichkultur
+ Glukose	4 Monate (20/VI-22/X)	Keine Vergilbung
+ Galaktose	?	Keine Vergilbung
+ Mannit	4 M. (20/VI-22/X)	3 M. (20/VI-10/IX)
+ Raffinose	4 M. (20/VI-22/X)	3 M. (20/VI-10/IX)
+ Laktose	4 M. (20/VI-22/X)	3 M. (20/VI-10/IX)
+ Maltose	Keine Vergilbung	3 M. (20/VI-10/IX)

Fassen wir die Resultate zusammen, so ergibt sich, daß die Zeitdauer bei ein und derselben Kulturweise je nach den Arten der C-Verbindungen verschieden ist. Zeitdauer und Vermehrungsmenge gehen dabei keineswegs parallel. Hieraus könnte man den Schluß ziehen, daß der Übergang der Algen zur saprophytischen Lebensweise sich je nach den Arten der C-Verbindungen verschieden verhält.

Vergleichen wir die Zeitdauer bei Strich- und Stichkultur, so zeigt sich da auch eine Unregelmäßigkeit. Bald kommt die Vergilbung bei der ersteren früher, bald später als bei der letzteren vor. Dabei ist die Zeitdauer je nach den Arten der C-Verbindung und der Algen veränderlich. Bei *Scenedesmus n.* kommt die Verfärbung immer später bei der Stichkultur als bei der Strichkultur vor. Der Fall ist bei *Stichococcus v.* umgekehrt. Bei *Chlorella l.* ist das Verhalten ganz unregelmäßig, doch vergilbt die Alge in den meisten Fällen später bei Stichkultur als bei Strichkultur.

Zum Schluß dieses Kapitels sei noch die Zeitdauer bei Flüssigkeitskulturen hinzugefügt.

Zeitdauer bei 2%-Glukoselösung

<i>Chlorella l.</i>	Etwa 2 Monate (8/VII-22/IX).
„	„ 3 „ (12/XII-6/III).
<i>Stichococcus v.</i>	ditto.
<i>Scenedesmus n.</i>	ditto.
<i>Chlorosphaera p.</i>	Etwa 5 Monate (12/XII-6/V).

4. Einfluß des Lichtes auf die Vergilbung.

Im vorigen Kapitel habe ich gezeigt, daß das Licht die Vergilbung befördert, und möchte jetzt den Einfluß des farbigen Lichtes auf die Kulturen feststellen. Um farbiges Licht zu erhalten, habe ich verschiedenfarbige Glasplatten benutzt, die an einer Seite des Holzkastens eingesetzt wurden. Eine Glukoseagarkultur wurde in einen Kasten gestellt und diffusem Licht ausgesetzt.

Die hergestellten Lichtarten waren die folgenden:

Rotes Licht: durch eine rote Glasplatte.

Blaues Licht: durch eine blaue Glasplatte.

Weißes Licht: durch eine matte Glasplatte.

Intensives weißes Licht: die Kultur wurde direkt vor das Fenster gestellt, dessen Glasscheiben mit dünnem weißen Papier bedeckt wurden.

Schwaches weißes Licht: die Kultur wurde an einem vom Fenster etwa 2 m entfernten Ort aufgestellt, und das Licht wurde, wie im obigen Falle, durch mit dünnem weißen Papier bedeckte Fensterscheiben bestrahlt.

Die Versuchsprotokolle sind die folgenden:

Chlorella l. bei Strichkultur.

Versuchsbeginn 15/XI	14/II	3/III
Rotes L.	Gehlgrün, noch nicht vergilbt!	Vergilbung deutlich.
Blaues L.	Gelbgrün, noch nicht vergilbt!	Vergilb. schwach grüner als vorige Kultur.
Weißes L.	Gelbgrün, noch nicht vergilbt!	Vergilb. schwach.
Intensives L.	Gelbgrün, noch nicht vergilbt!	Vergilb. schwach.
Schwaches L.	Gelbgrün, noch nicht vergilbt!	Vergilb. schwach.

Stichococcus v. bei Strichkultur.

Angestellt 15/XI	14/II	3/III	26/IV
Rotes L.	Grün	Hier und da vergilbt!	Vergilb. deutlich.
Blaues L.	Grün	Grün, noch nicht vergilbt.	Vergilb. begann.
Weißes L.	Grün	Grün, noch nicht vergilbt.	Vergilb. begann.
Starkes L.	Grün	Vergilb. schwach	Vergilb. deutlich.
Schwaches L.	Grün	Grün, noch nicht vergilbt.	Vergilb. begann.

Scenedesmus n. bei Stickskultur.

Angestellt 15/XI	14/II	3/III	26/III	26/IV
Rotes L.	Grün	Grün, Oberfläche vergilbt!	Ähnlich wie in 3/III.	Vergilb. des Be- lags begann.
Blaues L.	Grün	Grün, Oberfläche nicht gelb.	Ähnlich wie in 3/III.	Vergilb. des Be- lags begann.
Weißes L.	Grün	Grün, Oberfläche nicht gelb.	Grün, Oberfläche vergilbt.	Vergilb. des Be- lags begann.
Starkes L.	Grün	Vergilb. des Be- lags begann.	Vergilb. deutlich.	Vergilb. deutlich.
Schwaches L.	Grün	Grün.	Grün.	Vergilb. schwach.

Aus den oben mitgeteilten Resultaten geht hervor, daß die Vergilbung früher und stärker im roten Licht als im blauen auftritt. Dieses weist darauf hin, daß die Zerstörung des Chlorophylls rascher im ersteren als im letzteren vor sich geht. Dieses Resultat schließt sich im allgemeinen dem von Sachs, Reinke und Wager an. Die Resultate im weißen Lichte waren ähnlich wie die im blauen Lichte. Dieses ist aber wahrscheinlich auf die schwache Lichtintensität hinter der matten Glasplatte zurückzuführen.

Wenn man die Resultate im starken und schwachen Lichte mit einander vergleicht, so ist es klar, daß die Lichtintensität einen nennenswerten Einfluß auf die Vergilbung ausübt.

5. Einfluß der Dunkelheit auf die Chlorophyllbildung.

Über das Verhalten der Algen gegen die Dunkelheit verweise ich namentlich auf die Arbeiten von Artari (1902 b). Bei seinen Untersuchungen ist besonders hervorzuheben, daß die Chlorophyllbildung von *Stichococcus bacillaris* im Dunkeln stark von den Nährstoffen abhängig ist.

Es lag mir daran festzustellen, ob etwas ähnliches auch auf die von mir isolierte Alge zutraf. Da die Reaktion der Algen sich je nach den Nährböden ändert, bediente ich mich einer Nährlösung, die völlig nach Artari (1902 b, S. 202) hergestellt wurde.

Grundlösung: Glukose	1 %
KH_2PO_4	0.3 „
Mg SO_4	0.1 „
Ca Cl_2	0.1 „
FeCl_3	Spur

Dieser Lösung wurde jede benutzte N-Verbindung in einer Quantität von 0.5% zugesetzt. Die Nährlösung wurde zu je 50 cm³ in Kolben von ca 200 cm³ Inhalt gegossen. Nach dreimaliger Sterilisation wurden die Kolben mit frischen Algen aus einer Gl-Agarkultur überimpft. Kulturbedingungen: Zimmertemperatur; diffuses Licht.

Versuche mit *Stichococcus bacillaris* Näg. var. *viridis*, var. nov.

Lichtkultur; Kulturdauer 28/VI–22/IX.

+K NO ₃	g. M., dunkelgrün.
+NH ₄ Cl	m. M., gelbgrün.
+Asparagin	g. M., grün.
+Pepton	g. M., grün.

Dunkelkultur; Kulturdauer gleich wie oben.

+KNO ₃	m. M., gelbgrün, deutliche Chlorophyllbildung
+NH ₄ Cl	ger. M., ditto.
+Asparagin	m. M., „
+Pepton	m. M., „

Unsere Resultate weichen also von denen von Artari erheblich ab, da unsere Alge das Chlorophyll im Dunkeln nicht nur bei or-

ganischen, sondern auch bei anorganischen N-Verbindungen zu bilden vermag. Die Farbentöne bei beiden Medien sind fast die gleichen. Es war aber außer Zweifel, daß die Chlorophyllbildung im Dunkeln deutlich schwächer als im Lichte war. Jedenfalls ist es sicher, daß der von mir isolierte *Stichococcus* im Dunkeln eine stärkere Chlorophyllbildung als der von Artari aufweist. Man darf vielleicht diese Verschiedenheit als ein Rassenmerkmal betrachten.

Dasselbe Verhalten wurde auch mit Agarkultur bestätigt, wie man aus den folgenden Versuchen ersieht, die sich nicht nur auf die Chlorophyllbildung von *Stichococcus*, sondern auch auf die von anderen Algen beziehen.

Versuchsbeginn : 20/VI, 1914.

<i>Chlorella l.</i>	17/VII	6/VIII.
M-Agar-Strichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., grün.
„ -Stichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., grün.
Gl-Agar-Strichkultur	g. M., gelbgrün.	g. M., gelbgrün-gelb
„ -Stichkultur	ger. M., gelbgrün, Oberfläche grün.	g. M., Oberfläche auch gelbgrün.
<i>Stichococcus r.</i>	17/VII	6/VIII
M-Agar-Strichkultur	s. ger. M., gelbgrün.	s. ger. M., weißgrün.
„ -Stichkultur	s. ger. M., gelbgrün.	s. ger. M., grün.
Gl-Agar-Strichkultur	m. M., grün	g. M., grün !
„ -Stichkultur	m. M., gelbgrün, Oberfläche grün.	m. M., gelbgrün, Oberfläche grün.
<i>Scenedesmus n.</i>	17/VII	6/VIII
M-Agar-Strichkultur	m. M., gelbgrün.	s. ger. M., weißgrün.

<i>Scenedesmus n.</i>	17/VII	6/VIII.
M-Agar-Stichkultur	m. M., gelbgrün.	s. ger. M., weißgrün.
Gl-Agar-Strichkultur	m. M., gelb.	m. M., weiß.
„ -Stichkultur	m. M., gelbgrün.	m. M., weißgrün !
<i>Chlorosphaera p.</i>	17/VII	6/VIII.
M-Agar-Strichkultur	s. ger. M., gelbgrün.	s. ger. M., weiß.
„ -Stichkultur	s. ger. M., gelbgrün.	s. ger. M., weiß.
Gl-Agar-Strichkultur	m. M., gelbgrün.	m. M., grün !
„ -Stichkultur	m. M., gelbgrün.	m. M., gelbgrün.
<i>Chlamydomonas l.</i>	17/VII	6/VIII.
M-Agar-Strichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., weißgrün.
„ -Stichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., weißgrün.
Gl-Agar-Strichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., weißgrün.
„ -Stichkultur	s. ger. M., grün.	s. ger. M., weißgrün.

Aus den oben erwähnten Resultaten sieht man zunächst, daß die Chlorophyllbildung von *Stichococcus v.* im Dunkeln stärker bei Agarkultur als bei Flüssigkeitskultur ausgeprägt ist. Wir sehen ferner eine stärkere Chlorophyllbildung bei Gl-Agar als bei M-Agar, während der Fall bei *Chlorella l.* umgekehrt ist, wo man bei Gl-Agarstrichkultur einen gelbgrünen Belag erhält. Ich erhielt auch bei Glukosenährlösung eine gelbgrüne Kultur von *Chlorella l.* Nach Grintzesco (1903, S. 74) bildet die von ihm isolierte *Chlorella vulgaris* bei Gl-Agar einen grünen Belag. Die von mir isolierte *Chlorella* ist daher betreffs Chlorophyllbildung im Dunkeln von der von Grintzesco ganz verschieden. Das Verhalten unserer Alge

ähnelt vielmehr dem von *Chlorella communis* Artari, die nach Artari (1906, S. 186) in der Glukosenährlösung eine gelbgrüne Farbe aufweist.

Im allgemeinen retardiert die Dunkelheit deutlich die Chlorophyllbildung. So sind die Glukoseagarstrichkulturen von *Chlorella l.*, *Scenedesmus n.* und *Chlorosphaera p.* im Dunkeln schon im frischen Zustande der Kultur gelbgrün oder gelb. Die Glukoseagarstrichkultur von *Stichococcus v.* ist grün, jedoch deutlich weniger grün als bei der Lichtkultur. Die Retardierung der Chlorophyllbildung im Dunkeln zeigt sich aber viel deutlicher bei der Glukoseagarstichkultur. Auch bei Mineralsalzagarkultur sieht man ziemlich deutlich retardierte Chlorophyllbildung. Da aber dabei die Algenentwicklung schwach ist, so ist die Retardierung nicht ausgeprägt.

Die Algenentwicklung ist ebenfalls im Dunkeln stark gehemmt. Sowohl bei M-Agar als auch bei Gl-Agar konnte ich eine retardierte Entwicklung bei allen untersuchten Algen beobachten. Die Retardierung war besonders bei *Chlamydomonas k.* beträchtlich.

6. Einfluß der Temperatur auf die Vergilbung.

Es steht uns kein Zimmer mit konstanter Temperatur zur Verfügung. Daher habe ich den vorliegenden Versuch im Winter ausgeführt, um die Kulturen im Laboratorium und im Treibhaus zu vergleichen. Im Treibhaus herrschte fast immer eine Temperatur von 20° C. Der Temperaturwechsel an anderen Plätzen wurde mit einem selbstregistrierenden Thermometer bestimmt. Bei den Versuchen sollte aber die Lichtintensität der Kulturorte berücksichtigt werden, und für diese Zwecke wählte ich Orte von fast gleicher Lichtstärke, die aber quantitativ nicht bestimmt wurde.

Um den Zeitpunkt der Vergilbung zu bestimmen, wurde die Zeitdauer gemessen, die von der Überimpfung bis zur Vergilbung verfloß. Als Nähboden benutzte ich immer das Glukosenähragar.

<i>Chlorella l.</i> bei Strichkultur	Zeitdauer bis Vergilbung
Treibhaus, wo eine Temperatur von ca 20° C herrschte	36 Tage (4/XII-9/I)
Treibhaus, wo T. von 0° bis 14° C fluktuierte	72 „ (4/XII-14/II)
Laboratorium, wo T. unter 8° fluktuierte	84 „ (22/XI-14/II)
<i>Stichococcus v.</i> bei Strichkultur	Zeitdauer bis Vergilbung
Treibhaus von 20°	89 Tage (4/XII-3/III)
Treibhaus von 0°-14°	112 „ (4/XII-26/III)
Laboratorium unter 8°	117 „ (29/XI-26/III)
<i>Scenedesmus n.</i> bei Stichkultur.	Zeitdauer bis Vergilbung
Treibhaus von 20°	89 Tage (4/XII-3/III)
Treibhaus von 0°-14°	112 „ (4/XII-26/III)
Laboratorium unter 8°	151 „ (29/XI-29/IV)

Die Tabelle läßt erkennen, daß die Algen im Treibhaus, wo eine Temperatur von ca 20° C herrschte am frühesten vergilbten. Zu meiner Überraschung vergilbte *Chlorella l.* schon im Laufe von etwa einem Monat.

Die Vergilbungszeit im Treibhaus mit niederer Temperatur und im Laboratorium war bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* fast gleich, während sich bei *Scenedesmus n.* eine ziemlich deutliche Verschiedenheit zeigte. Diese Abweichung ist aber damit erklärlich, daß *Scenedesmus n.* bei Zimmertemperatur im Winter eine schlechtere Entwicklung als die beiden anderen Algen aufweist.

Es drängt sich einem dann die Frage auf, wie die höhere Temperatur eine beschleunigende Wirkung auf die Vergilbung der Algen ausüben kann. Es scheint mir höchst wahrscheinlich, daß

diese Wirkung auf das geförderte Wachstum zurückzuführen ist, weil ich sowohl im Treibhaus bei niedriger Temperatur als auch im Laboratorium ein langsames Wachstum als im Treibhaus von 20° C beobachten konnte. Mir scheint daher der Einfluß der Temperatur auf die Vergilbung indirekt zu sein. Es bleibt noch unentschieden, ob eine höhere Temperatur als 20° C an und für sich eine beschleunigende Wirkung auf die Vergilbung ausüben kann.

7. Mikrochemische Untersuchungen über den Zellinhalt.

Es wurde schon im Abschnitt VI erwähnt, daß die vergilbten Algen mit mehr oder weniger zerstörtem Chromatophor und reichlichen Granula versehen sind.

Zunächst habe ich die vergilbten Zellen von *Chlorella l.* aus Glukoseagarkultur mit Sudan III behandelt. Überraschend war dabei die rote Färbung der großen flüssigen Körper, die mit Osmiumsäurelösung tingierbar waren, womit eine Fettanhäufung in den vergilbten Zellen von *Chlorella l.* nachgewiesen wurde.

Die folgenden Prüfungen beziehen sich auf die Veränderung des Zellinhaltes bei allen untersuchten Algen und zwar bei verschiedenen Kulturen. Zunächst seien die Resultate der Prüfungen mit Sudan III mitgeteilt:

a) Resultate der Prüfungen mit Sudan III.

Chlorella l. bei Strichkultur.

M-Agar, frische Kultur	Schwache Reaktion nur in Sporen und krankhaften Zellen. Chromatophor normal.
„ , alte Kultur	Schwache Reaktion. Chromatophor normal.
Gl-Agar, frische Kultur	Schwache Reaktion. Chromatophor normal.

Gl-Agar, alte Kultur	Reaktion deutlich. Chromatophor desorganisiert.
0.5%-Gl-Agar, alte Kultur	R. deutlich. Fettmenge geringer als die vorige. Chromatophor normal.

Stichococcus v. bei Strichkultur.

M-Agar, alte Kultur	Reaktion negativ.	Chromatophor normal.
Gl-Agar, frische Kultur	Reaktion negativ.	Chromatophor normal.
„ , alte Kultur	Fettkugel reichlich.	Chromatophor zerstört.

Scenedesmus n. bei Stiehkultur.

M-Agar, alte Kultur	Keine Reaktion.	Chromatophor normal.
Gl-Agar, frische Kultur	Keine Reaktion.	Chromatophor normal.
„ , alte Kultur	Keine Reaktion.	Chromatophor zerstört.

Chlorosphaera p. bei Strich- und Flüssigkeitskultur.

M-Agar, alte Kultur	Keine Reaktion.	Chromatophor normal.
Gl-Agar, frische Kultur	Keine Reaktion.	Chromatophor normal.
„ , alte Kultur	Reaktion deutlich.	Chromatophor zerstört.
M-L , alte Kultur	Reaktion deutlich.	Chromatophor zerstört.
Gl-L , alte Kultur	Reaktion schwach.	Chromatophor zerstört.

Chlamydomonas k. bei Strich- und Flüssigkeitskultur.

M-Agar, alte Kultur	Keine Reaktion.	
Gl-Agar, frische Kultur	Keine Reaktion.	
„ , alte Kultur	Reaktion deutlich.	Fett kommt wahrscheinlich im Chromatophor vor.
M-L , alte Kultur	Reaktion ziemlich deutlich.	
Gl-M , alte Kultur	Reaktion deutlich.	

Aus obigem geht hervor, daß, abgesehen von *Scenedesmus n.*, bei alten Glukoseagarkulturen reichlich Fett vorkommt. Bei M-

Agarkultur ist das Fett selbst im alten Zustande gar nicht oder nur spurweise vorhanden. Daher halte ich das betreffende Fett für kein normales Assimilationsprodukt, sondern für ein Stoffwechselprodukt.

Die Anhäufung des Fettes geht, abgesehen von *Scenedesmus n.*, mit der Vergilbung hand in hand. Es fragt sich daher, ob die Anhäufung des Fettes auf die Vergilbung einen Einfluß ausübt. Die ziemlich große Anhäufung von Fett bei 0.5% Glukoseagarkultur spricht gegen diese Annahme, weil in diesem Fall keine Vergilbung vor sich geht. Die Abwesenheit der Vergilbung bei der mit Fett gefüllten *Chlamydomonas k.* zeigt auch das Gegenteil. Nach meiner Meinung ist die Fettbildung nichts anderes als eine mit der Vergilbung parallel gehende Erscheinung. Man könnte vielleicht der Fettbildung eine ökologische Bedeutung beimessen, weil die Algen damit überschüssige Glukose kondensieren können. Diese Vermutung wird durch die Tatsache unterstützt, daß in den vergilbten Zellen von *Scenedesmus n.* ziemlich reichlich Stärke an Stelle des Fettes vorkommt.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung der Stärke über.

b). Prüfungen mit Jodjodkaliumlösung.

Es ist bekannt, daß unter den Phanerogamen zwei Arten Stärkekörner vorkommen; d. i., reine Stärkekörner, die sich mit Jod blau färben, und Amylodextrinkörner, die sich dabei braun oder weinrot färben. Die beiden haben dieselbe empirische Formel. Da Amylodextrin durch die Einwirkung von Diastase aus Stärke gebildet wird, so kann man die Amylodextrinkörner als partiell umgewandelte reine Stärke betrachten (Pfeffer, I, S. 472).

Nach Bruns (1894, S. 173 ff.) hat die Florideenstärke erhebliche Ähnlichkeit mit den Amylodextrinkörnern (sogenannte rote

Stärkeköerner) bei den Phanerogamen. Bei roten Algen kommt aber auch eine sich mit Jod verschieden färbende Stärke vor. So konnte Kolkwitz (Oltmanns II, S. 148) einen Laurentiatypus mit brauner Färbung und einen Furcellariatypus mit blauvioletter Färbung unterscheiden. Bei Florideen kommen oft sich mit Jod blau färbende Körper vor, deren Farbenton von dem der reinen Stärke nur wenig abweicht.

Über das Vorkommen von Stärke bei den Chlorophyceen vergleiche man die Angaben von Kraus (1869), Beijerinck (1890), Goroschankin (1890, 1891) und Ernst (1903, 1904 a, 1904 b). In den früheren Angaben finden sich selten Mitteilungen über die Reaktionsfarben, und wir können daher nicht wissen, ob es sich um reine Stärke oder um Amylodextrin handelt. Dies ist der Fall bei den Angaben von Kraus und Goroschankin. Von Ernst erfahren wir aber, daß reine Stärke bei *Dichotomosiphon tuberosus* (1903), den *Codium*-Arten (1904 a) und bei *Derbesia* (1904 b) vorkommt.

Besonders beachtenswert ist hier die Mitteilung von Beijerinck (1890, S. 758). Er fand bei *Chlorella vulgaris* eine sich mit Jod braun färbende Substanz und nannte sie Paramylum, und bei *Chlorosphaera limicola* fand er eine blau färbbare Substanz, die er für identisch mit Stärke hielt.

Paramylum ist aber eine Substanz, die sich nie mit Jod färben läßt. Bezüglich der näheren Eigenschaften desselben verweise ich auf die Angabe von Klebs (1883). Die Benennung von Beijerinck halte ich nicht für richtig, vielmehr halte ich die betreffende Substanz für amylodextrinartig.

Beim Nachweis von Stärke muß man nicht nur die Stromastärke, sondern auch die Pyrenoidstärke in Betracht ziehen, weil beide in den Chlorophyceen als ein Assimilationsprodukt gelten können (vergl. Oltmanns, II, S. 114).

Im folgenden teile ich meine eigenen diesbezüglichen Unter-

suchungen mit. Als Kontrolle untersuchte ich zunächst die Stärke von einer *Spirogyra*-Art. Mit Jod färbte sich die Pyrenoidstärke blauviolett, während das Chromatophor unverändert blieb, weswegen ich auf das Vorhandensein von reiner Stärke schließen konnte.

<i>Chlorella l.</i>	Reaktion mit Jodjodkaliumlösung
M-Agar, frische Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun. Pyrenoidstärke auch braun.
M-L , frische Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun. Pyrenoidstärke auch braun.
Gl-Agar, frische Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun. Pyrenoidstärke auch braun.
„ , alte Kultur	Keine Reaktion. Chromatophor zerstört.
<i>Stichococcus v.</i>	Reaktion mit Jodjodkaliumlösung
M-Agar, frische Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun.
„ , alte Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun.
Gl-Agar, frische Kultur	Chromatophor gleichmäßig braun.
„ , alte Kultur	Keine Spur. Chromatophor zerstört.
<i>Scenedesmus n.</i>	Reaktion mit Jodjodkaliumlösung
M-Agar, frische Kultur	Nur das Pyrenoid färbt sich braun.
„ , alte Kultur	Kleine Körner im Chromatophor braun (Stromastärke !)
Gl-Agar, frische Kultur	Pyrenoid und kleine Stärkekörner im Chromatophor braun.
„ , alte Kultur	Ziemlich große Körner braun. Chromatophor zerstört.
<i>Chlorosphaera p.</i>	Reaktion mit Jodjodkaliumlösung
M-Agar, frische Kultur	Pyrenoid, wie auch Chromatophor gleichmäßig blau (reine Stärke)
Gl-Agar, frische Kultur	Pyrenoid, wie auch Chromatophor braun (Amylodextrin).
„ , alte Kultur	Zellen gleichmäßig braun. Chromatophor zerstört.

<i>Chlamydomonas k.</i>	Reaktion mit Jodjodkaliumlösung
M-Agar, frische Kultur	Nur das Pyrenoid braun.
Gl-Agar, frische Kultur	Pyrenoidstärke- und kleine Stromastärkekörner braun.
„ „, alte Kultur	Amylodextrinkörner wahrscheinlich im Chromatophor reichlich. Pyrenoidstärke auch mit Jod braun.
M-L „, alte Kultur	Vegetative Zellen: { Amylodextrinkörner reichlich Pyrenoidstärke auch braun. Zygosporen mit reichlicher reiner Stärke.

Aus obiger Tabelle geht hervor, daß Amylodextrin bei den untersuchten Algen vorherrschend war. Reine Stärke ließ sich aber nur bei M-Agar-Kultur von *Chlorosphaera p.* und bei den Zygosporen von *Chlamydomonas k.* finden.

Vom Interesse ist, daß das Vorkommen von Stärke bei ein und derselben Alge je nach der Ernährung und Generation verschieden ist.

Ich konnte bei *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*, wie man aus obiger Tabelle ersieht, eine gleichmäßig braune Färbung des Chromatophors durch Jod beobachten. Diese Reaktion weist aber nach der Meinung von Ernst (Flora 1904 b, S. 519) darauf hin, daß das Chromatophor, abgesehen von Pyrenoidstärke, keine Stärke besitzt. Das Chromatophor von *Spirogyra*-sp. färbte sich jedoch, abgesehen von den Pyrenoiden, gar nicht durch Jod. In diesem Falle war daher die Abwesenheit der Stromastärke ohne weiteres klar.

Die Gegenwart von Stärke bei *Stichococcus v.* kann ich nicht mit Sicherheit behaupten, während ich bei *Chlorella l.* nur die von Pyrenoidstärke nachweisen konnte; bei den drei anderen Algen konnte ich aber deutlich sowohl Pyrenoidstärke als auch Stromastärke feststellen.

Fassen wir die Resultate der Prüfungen mit Jod und Sudan III zusammen, so erkennen wir, daß bei vergilbten Algen reichlich Stärke oder Fett oder oft beide vorkommen. Daß aber die Anhäufung dieser Stoffe keinen Einfluß auf die Vergilbung ausübt, läßt sich daraus erkennen, daß die mit Stärke und Fett gefüllte *Chlamydomonas k.* keine Vergilbungserscheinung aufweist. Die Vergilbung ist in Wirklichkeit einer besonderen Eigenschaft der Algen zuzuschreiben, die später erörtert werden wird.

8. Untersuchungen über die Zerstörung der Farbstoffe.

Nach den spektroskopischen Untersuchungen von Kraus (1872), Nebelung (1878) und Reinke (1885), wurde der grüne Farbstoff der Chlorophyceen für identisch mit dem Chlorophyll der Phanerogamen gehalten. Dies wurde neuerdings durch die bahnbrechenden chemischen Untersuchungen von Willstätter und seinen Schülern (vergl. „Literaturverzeichnis“) bestätigt.

Über die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche, bzw. bei Algen verweise ich auf die Arbeit von Tammes (1900).

Nach Willstätter enthält *Ulva lactuca* neben Chlorophyll a und b, Xanthophyll und Carotin.

Nun fragt es sich aber noch, in welchem Grade jeder Farbstoff bei der Vergilbung zerstört wird. Schon Schindler (1913 S. 562) und Boresch (1913 S. 149–150) haben diesbezügliche Versuche gemacht. Nach diesen Autoren beruht die Entfärbung der Cyanophyceen auf dem Verschwinden des Phykocyan und einer starken Abnahme des Chlorophylls. Boresch (l.c., S. 180) bestätigte bei einer entfärbten *Chlamydomonas*-Art ein Verschwinden des Chlorophylls und ein Zurückbleiben des Carotins.

Ich habe mich mit dieser Frage sowohl mikrochemisch als

auch spektroskopisch beschäftigt. Die Untersuchungen wurden aber nur auf *Chlorella l.* beschränkt.

Zuerst stellte ich Versuche nach der Kalimethode von Molisch (1896, S. 19) an. Nach dreitägigem Liegen in einer 20%-Kalilauge-lösung von 40%-Alkohol zeigten sich bei den vergilbten Zellen, eine ziemlich große Menge von Carotinkristallen. Der Kontrollversuch mit frischen grünen Zellen zeigte ebenfalls nach gleicher Behandlung eine große Anzahl Carotinkristalle (vergl. Tafel II, Fig. 60).

Ferner habe ich den Versuch nach Liebaldt (1913 S. 69) mit 50% Äthylalkohol ausgeführt. In diesem Falle entstanden in jeder vergilbten Zelle eine rote Masse (wahrscheinlich Carotin) und einige tropfenartige hellgrüne Körner; in den frisch grünen Zellen zeigten sich wenige Carotinkristalle, und eine dunkelgrüne, bald tropfige, bald kristallinische Masse, (vergl. Taf. II, Fig. 59).

Die beiden oben erwähnten Versuche sind ausreichend daraus den Schluß zu ziehen, daß bei den vergilbten Zellen eine starke Abnahme des Chlorophylls und ein Zurückbleiben des Carotins stattfindet.

Später wurde dann noch eine spektroskopische Untersuchung ausgeführt. Dazu diente mir als Versuchsmaterial die Flüssigkeitskultur. Die filtrierten Algenzellen samt dem Filtrierpapier wurden sechs Tage lang mit kaltem Alkohol extrahiert. Um die Konzentrationen der Farbstoffe möglichst ähnlich zu halten, wurde die ganze Algenmasse immer aus einem Kolben mit 60 cm³ 95% Alkohol extrahiert. Als Kontrolle wurde auch eine alkoholische Chlorophyll-lösung von *Coelopleurum Gmelini* untersucht, die eine fast gleiche Konzentration mit einer aus ergrünter Kultur hergestellten Chlorophyll-lösung hatte. Das Spektrum vom Eisenbogen wurde dann hinzugefügt, um die Lage der Absorptionsbänder zu verdeutlichen. Die Herstellung der Spektrogramme wurde von Herrn Prof. Dr. Y. Shibata,

und zwar in den verschiedenen Dicken des Absorptionsmediums ausgeführt. Dafür spreche ich ihm hier meinen besten Dank aus.

Die Resultate waren die folgenden (vergl. hierzu Tafel V Fig. 2).

- a.* Absorptionsspektren von *Coelopleurum Gmelini* (Eine Blütenpflanze). Das erste Absorptionsband charakterisiert das Chlorophyll. Das zweite ist auch auf die Absorption des Chlorophylls zurückzuführen.

Das III und IV Bd. sind wahrscheinlich die Absorptionsbänder des Phaeophytins.

Das V Bd.: Xanthophyll (wahrscheinlich auch Carotin) mit Chlorophyll zusammen bildet dieses breite Absorptionsband.

- β.* Absorptionsspektren bei M-L-Kultur.

Absorptionsbänder sind ähnlich wie die von *Coelopleurum*; nur fehlen dabei Bd. III und IV (Absorptionsbänder von Phaeophytin).

- γ.* Absorptionsspektren bei der wiederergrünten Kultur.

Einer vergilbten Kultur wurde $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ zugesetzt, und im Verlauf von zwanzig Tagen erhielt ich eine wiederergrünte Kultur.

I Bd. charakterisiert das Chlorophyll; das Band ist aber schmaler. II Bd. ist kaum merklich.

Bd. III u. IV fehlen. V Bd. ist ähnlich wie das bei *a* und *β*; bei kleineren Schichtdicken erscheinen aber die Absorptionsbänder von Xanthophyll.

- δ.* Absorptionsspektren bei vergilbter Kultur (2% GI-L-Kultur).

I Bd. fehlt; Chlorophyll ging gänzlich verloren.

Bd. III u. IV fehlen.

V, VI u. VII Bd. charakterisieren das Xanthophyll.

Aus obigen Untersuchungen geht deutlich hervor, daß bei vergilbten Kulturen eine starke Abnahme oder oft ein Verschwinden des Chlorophylls und ein Zurückbleiben des gelben Pigments stattfindet.

Hervorzuheben ist noch, daß bei vergilbten Kulturen eine neue Chlorophyllbildung durch einen Zusatz von Nitrat hervorgerufen wurde.

B. BEDINGUNGEN DES WIEDERERGRÜNENS.

1. Nährwerte der verschiedenen Stickstoffverbindungen beim Wiederergrünen.

Nach Schindler (l.c. S. 546 ff.) und Boresch (l.c. S. 160 ff.) nehmen entfärbte Blaualgen durch einen neuen Zusatz von N-Verbindungen ihre Anfangsfarbe wieder an. Nach Boresch ist dies auch bei *Chlamydomonas*-sp. der Fall. Nach diesem Autor sind bei dieser Alge Nitrat und Äthylurethan vortreffliche Nährmittel für die Regeneration der Farbstoffe. Den Einfluß des Ammoniaks konnte er aber nie konstatieren (S. 181).

Die von beiden Autoren gebrauchten Algen entstammten einer Speziesreinkultur. Es war daher sehr erwünscht eine Nachprüfung mit einer bakterienfreien Reinkultur zu machen. Besonders wichtig war es die Nährwerte der verschiedenen organischen N-Verbindungen beim Wiederergrünen festzustellen. Meine eigenen Untersuchungen wurden daher sowohl mit anorganischen als auch mit einer Anzahl organischer N-Verbindungen ausgeführt.

Als Versuchsmaterial diente mir hauptsächlich die Glukose-agarkultur (Gl. 1 u. 2%), bei der die Algen deutlich vergilbten. Dem vergilbten Belag wurden die im Dampftopfe sterilisierten Lösungen der verschiedenen N-Verbindungen von je etwa 0.5 cm³ zugesetzt. Die Konzentration dieser Lösungen war in den meisten

Fällen 1%. Es kann aber die Menge und Konzentration der zuzusetzenden N-Verbindungen willkürlich sein.

Die unter höherer Temperatur leicht spaltbaren organischen N-Verbindungen, wie Harnstoff und Asparagin, wurden umkristallisiert und dann mit Alkohol und Äther behandelt, um die Keime der Mikroorganismen zu töten. Schließlich wurden sie in sterilisiertem Wasser gelöst und auf den vergilbten Belag gegossen.

Alle Experimente wurden bei Zimmertemperatur und im diffusen Lichte ausgeführt. Die gewonnenen Resultate waren die folgenden :

Chlorella l. bei vergilbter Glukoseagarstrichkultur.

Zugesetzte Salze	Zeitdauer bis Anfang der Regeneration	Regeneration und regenerierte Farben
{(M-L)-Ca(NO ₃) ₂ } + CaCl ₂ 0.1%	18/X-4/XI	Keine Regeneration.
Ca(NO ₃) ₂	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
KNO ₃	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
KNO ₂	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
NH ₄ Cl	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
NH ₄ NO ₃	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
(NH ₄) ₂ SO ₄	18/X-22/X	Deutlich, dunkelgrün.
Acetamid C ₂ H ₅ O.NH ₂	6/XI-15/XI	Keine Regeneration.
Harnstoff CO(NH ₂) ₂	18/X-22/XI(2/VI-4/VI)	Deutlich, dunkelgrün.
Glykokoll $\text{CH}_2 \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{smallmatrix}$	18/X-22/X(2/VI-6/VI)	Deutlich, dunkelgrün.
Asparagin $\begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$	18/X-25/X(2/VI-6/VI)	Deutlich, dunkelgrün.
Asparaginsäure $\begin{smallmatrix} \text{CH} \cdot \text{NH}_2(\text{COOH}) \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{COOH} \end{smallmatrix}$	2/VI-6/VI	Deutlich, dunkelgrün.
Leucin CH ₃ ·(CH ₂) ₃ ·CH·NH ₂ ·CO ₂ H	18/X-27/X	Schwache Reg., grün.
Tyrosin OH·C ₆ H ₄ ·CH ₂ ·CH·NH ₂ ·CO ₂ H	18/X-27/X	Schwache Reg., grün.

Zugesetzte Salze	Zeitdauer bis Anfang der Regeneration	Regeneration und re- generierte Farben
Alanin $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	18/X-27/X	Schwache Reg. grün.
Phenylalanin $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$	18/X-27/X	Schwache Reg. grün.
Glykokollan- hydrid. $\begin{array}{c} \text{NH}-\text{CH}_2-\text{CO} \\ \\ \text{CO}-\text{CH}_2-\text{NH} \end{array}$	18/X-27/X	Schwache Reg. grün.
Leucyglycin $(\text{CH}_3)_2\text{CH}\cdot\text{CH}_2\text{CH}\cdot\text{NH}_2-\text{CO}$ $\begin{array}{c} \\ \text{NH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	18/X-27/X	Schwache Reg. grün.
Hippursäure $\text{COOH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{C}_6\text{H}_5$	2/VI-11/VI	Keine Regeneration.
Pyrrolidonkarbonsäure $\text{COOH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2$ $\begin{array}{c} \qquad \\ \text{NH} \quad \text{CO} \end{array}$	2/VI-11/VI	Keine Regeneration.
Pepton	2/VI-11/VI	Keine Regeneration.

Stichococcus v. bei vergilbter Glukoseagarstrichkultur.

Zugesetzte Salze	Zeitdauer bis Anfang der Regeneration	Regeneration u. re- generierte Farben
$\{(\text{M-L})-\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\} + \text{CaCl}_2$ 0.1%	6/XI-15/XI	Keine Regeneration.
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	6/XI-12/XI	Deutlich, dunkelgrün.
NH_4Cl	6/XI-12/XI	Deutlich, dunkelgrün.
Acetamid	6/XI-12/XI	Schwache Reg. grün.
Harnstoff	6/XI-12/XI(2/VI-4/VI)	Deutlich, dunkelgrün.
Glykokoll	6/XI-12/XI(2/VI-6/VI)	Deutlich, grün.
Asparagin	6/XI-18/XI(2/VI-6/VI)	Deutlich, grün.
Asparaginsäure	2/VI-6/VI	Deutlich, grün.
Leucin	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Tyrosin	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Alanin	6/XI-18/XI	Schwache Reg.!
Phenylalanin	6/XI-18/XI	Undeutlich.

Zugesetzte Salze	Zeitdauer bis Anfang der Regeneration	Regeneration u. regenerierte Farben
Glykokollanhydrid	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Leucylglycin	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Hippursäure	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Pyrrolidonkarbonsäure	6/XI-18/XI	Undeutlich.
Pepton	6/XI-18/XI	Undeutlich.

Scenedesmus n. bei vergilbter Glukoseagarstichkultur.

Zugesetzte Salze	Zeitdauer bis Anfang der Regeneration	Regeneration u. regenerierte Farben
{(M-L)-Ca(NO ₃) ₂ } + CaCl ₂ 0.1%	18/X-22/X	Keine Regeneration.
Ca(NO ₃) ₂	18/X-22/X	Deutlich, grün (weiße Oberflächen nicht reg.).
KNO ₃	18/X-22/X	Deutlich, grün (weiße Oberflächen nicht reg.).
KNO ₂	18/X-22/X	Deutlich, grün (weiße Oberflächen nicht reg.).
NH ₄ Cl	18/X-22/X	Deutlich, grün.
NH ₄ NO ₃	18/X-22/X	Deutlich, grün.
(NH ₄) ₂ SO ₄	18/X-22/X	Deutlich, grün.
Acetamid	18/X-22/X	Deutlich, grün.
Harnstoff	18/X-22/X(2/VI-4/VI)	Deutlich, grün.
Glykokoll	18/X-27/X(2/VI-6/VI)	Deutlich, grün.
Asparagin	(2/VI-11/VI)	Undeutlich.
Asparaginsäure	(2/VI-11/VI)	Undeutlich.
Leucin	18/X-22/X	Undeutlich.
Tyrosin	18/X-22/X	Undeutlich.
Leucylglycin	6/XI-15/XI	Undeutlich.
Hippursäure	(6/VI-11/VI)	Undeutlich.
Pyrrolidonkarbonsäure	(6/XI-11/VI)	Undeutlich.
Pepton	6/XI-15/XI(2/VI-11/VI)	Undeutlich.

Aus obigen Versuchen geht hervor, daß ein Zusatz N-freier Mineralsalzlösung bei den vergilbten Algen keine Regeneration des Chlorophylls hervorruft. Die Regeneration wird durch den Zusatz der verschiedenen N-Verbindungen, namentlich der anorganischen und organischen Verbindungen, wie Urea und Glykokoll, hervorgerufen.

Nitrat ist eine bevorzugte N-Quelle für die Regeneration, doch Ammoniumverbindungen sind noch besser. So konnte ich vielfach bei den letzteren eine frühere Regeneration als bei Anwendung des Nitrats beobachten. Diese Tatsache läßt sich klar mit der Konstitution des Chlorophylls erklären. Nach Willstätter enthält das Chlorophyll einen Pyrrolkern $\left(\text{NH} \begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH} \\ | \\ \text{CH}=\text{CH} \end{array}\right)$. Daher kann das Nitrat sich erst nach der Reduktion zur Chlorophyllbildung benutzen lassen. Der Fall liegt aber anders bei Ammoniumverbindungen.

Harnstoff und Glykokoll verhalten sich bei der Regeneration des Chlorophylls ähnlich wie Ammoniak. Das ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß diese Stoffe eine leicht abspaltbare NH_2 -Gruppe enthalten. Asparagin und Asparaginsäure sind schwer oder kaum zur Regeneration verwendbar. Die höheren Aminosäuren und andere höhere organische N-Verbindungen, wie Pepton, waren dazu ganz ungeeignet.

Hier kehren wir zu den Resultaten von Boresch bei *Chlamydomonas* zurück. Nach diesem Autor beeinflussen Ammoniumverbindungen das Wiederergrünen nicht (l.c. S. 181). Das war bei unseren Algen anders, und ich möchte daher die Resultate von Boresch für irrig halten. Es scheint mir wahrscheinlich, daß eine verunreinigte Kultur für seine Resultate verantwortlich ist.

Es erübrigt sich nun noch einige Worte über den Wiederergrünungsstand bei Agarkulturen zu sagen. Bei Strichkultur beginnen

zuerst die beiden Seiten des Belags wiederzuergrünen, und dann schreitet die Ergrünung nach dem inneren, sich an der Oberfläche befindlichen Teil fort. Der hintere und zentrale Teil des Belags blieb dabei ganz unverändert.

Bei Stichkultur grünt die Oberfläche zuerst, und dann nach und nach die innere Partie.

Ich habe meine weiteren Versuche mit vergilbten Flüssigkeitskulturen von *Chlorella l.*, *Stichococcus v.* und *Scenedesmus n.* ausgeführt. Dabei wurden aber die zugesetzten Salze nur auf $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ beschränkt. Die Resultate zeigten sich mit denen bei Agarkulturen übereinstimmend. Farbenregeneration geht jedoch bei der Flüssigkeitskultur viel langsamer vor sich. Dies wird zum Teil auf die lockere Verbindung der Algenzellen bei Flüssigkeitskulturen zurückzuführen sein.

In Bezug auf die Chlorophyllregeneration von *Chlorosphaera p.* habe ich nur mit Agarkultur, und zwar nur mit einem Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Versuche gemacht. Es resultierte ein deutliches Wiederergrünen.

Weitere Versuche bezogen sich auf die Chlorophyllregeneration von Algen, die bei mehr als 2% Konzentration der Glukose vergilbten.

<i>Chlorella l.</i>	Zugesetztes Salz	Zeitdauer	Regeneration
2% Gl-Agar-Kultur	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.	18/X-22/X.	Deutlich, dunkelgr.
5% „	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.	18/X-22/X.	Deutlich, grün; weiteres Wachstum !
10% „	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.	18/X-22/X.	Deutlich, grün; weiteres Wachstum !
<i>Stichococcus v.</i>	Zugesetztes Salz	Zeitdauer	Regeneration
2% Gl-Agar-Kultur	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3/XI-18/XI.	Deutlich, grün.
5% „	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3/XI-18/XI.	Deutlich, grün.
10% „	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	3/XI-18/XI.	Deutlich, grün.

Diese Resultate zeigen deutlich, daß sich die bei 5% und 10% Gl-Agar vergilbten Algen ganz ähnlich wie die bei 2% Gl-Agar vergilbten verhalten.

Bedenken wir, daß die bei 5%-oder 10%-Gl-Agar vergilbten Algen durch neuen Zusatz einer N-Verbindung weiter wachsen können, so zeigt dies, daß die anderen Nährsalze außer der N-Verbindung in genügendem Maße übrig sind. Ähnliche Erscheinungen wurden bei anderen Versuchen mit 2% Gl-Agar beobachtet.

Nun fragt es sich, ob die auf Glukosenährmedien ganz farblos gewordenen Algen durch einen neuen Zusatz von N-Verbindung zum Wiederergrünen gebracht werden können. Um diese Frage zu beantworten, habe ich mit etwa ein Jahr alten Glukoseagarkulturen von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.*, die ganz weiß geworden waren, Versuche gemacht.

Nach dem Zusatz von Kaliumnitrat zeigten sie keine Ergrünung. Sie waren wahrscheinlich abgestorben, weil das Protoplasma ganz zerstört war. Nur eine Stiehkultur von *Chlorella l.*, die noch etwas gelblich aussah, ergrünte. Das Weißwerden der Algen muß daher von der Vergilbung unterschieden werden. Das Verblassen hat keinen direkten Zusammenhang mit dem N-Mangel. Was für eine Ursache dabei vorliegt, darauf werde ich später eingehen.

2. Grenzkonzentrationen der zuzusetzenden N-Verbindungen zum Wiederergrünen.

Bei den oben erwähnten Untersuchungen bemerkte ich, daß die Konzentration der zugesetzten N-Verbindungen keinen merklichen Einfluß auf die Chlorophyllregeneration ausübte. Um darüber etwas sicherere Kenntnis zu erlangen, habe ich die nachfolgenden Versuche, sowohl mit Agar- als auch mit Flüssigkeitskultur ange-

stellt. Die gewonnenen Resultate sind aber, infolge der Schwierigkeit der Versuche noch nicht hinreichend, um die präzisen Grenzkonzentrationen zu bestimmen.

Um einen Konzentrationswechsel bei der Sterilisation der zuzusetzenden N-Verbindungen zu vermeiden, wurde das offene Ende der mit N-Verbindung versehenen Glasröhren fest mit Baumwollwatte und Pergamentpapier geschlossen. Nach der Abkühlung wurden die verschieden konzentrierten Lösungen zu je etwa 0.5 cm³ auf die Glukoseagarkultur gegossen. Bei den Versuchen mit Flüssigkeitskultur wurde der Versuch etwas modifiziert. Es wurde eine bestimmte Quantität N-Lösung zugesetzt, und nach Beendigung des Versuches wurde das ganze Volumen der Nährlösung gemessen, um die Konzentration der zugesetzten N-Verbindung annähernd zu bestimmen. Die Messung des Volumens wurde aber ohne Filtration ausgeführt, so daß die berechnete Konzentration eben nur eine annähernde war.

Die folgenden Versuche bezogen sich nur auf *Chlorella l.*

a). Mit vergilbter Glukoseagarstrichkultur.

Konzentration	Zeitdauer	Regeneration
0.04% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2/VI-6/VI	Sehr schwach (in 4/VI keine Spur).
0.2 „	2/VI-4/VI	Schwach.
1.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
5.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
25.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
0.04% KNO_3	2/VI-6/VI	Sehr schwach (in 4/VI keine Spur).
0.2 „	2/VI-4/VI	Schwach.
1.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.

Konzentration	Zeitdauer	Regeneration
5.0 % KNO_3	2/VI-4/VI	Deutlich.
25.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
0.04% NH_4Cl	2/VI-4/VI	Sehr schwach.
0.20 „	2/VI-4/VI	Schwach.
1.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
5.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
25.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich (unterer Teil des Belags gelbgrün).
0.04% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2/VI-4/VI	Schwach bis mäßig!
0.2 „	2/VI-4/VI	Ditto; etwas deutlicher als bei 0.04%.
1.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
5.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich.
25.0 „	2/VI-4/VI	Deutlich (unterer Teil des Belags gelbgrün).

Bei den 25%-Lösungen von NH_4Cl und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wurde der dicht daneben oder in der Lösung befindliche Teil des Belags gelbgrün oder gelbbraun, was auf eine Giftwirkung schließen läßt.

Unter den obigen Resultaten ist noch bemerkenswert, daß das Wiederergrünen bei Ammoniumverbindungen früher als bei Nitrat vor sich geht.

b). Mit vergilbter Glukoselösungskultur.

Konzentration	Zeitdauer	Regeneration
0.04% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15/X-22/X	Schwach.
0.21 „	15/X-22/X	Deutlich.
1.15 „	15/X-22/X	Deutlich.
4.17 „	15/X-22/X	Sehr deutlich.
8.00 „	15/X-22/X	Deutlich.

Konzentration	Zeitdauer	Regeneration
12.00% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	24/X-5/XI	Schwach, gelbgrün (Grenzkonz.?)
0.04% KNO_3	15/X-22/X	Schwach.
0.21 „	15/X-22/X	Schwach.
1.00 „	15/X-22/X	Deutlich.
5.00 „	15/X-22/X	Sehr deutlich.
8.00 „	15/X-22/X	Sehr deutlich.
12.00 „	24/X-5/XI	Deutlich !
0.04% NH_4NO_3	15/X-22/X	Schwach.
0.22 „	15/X-22/X	Schwach.
1.07 „	15/X-22/X	Deutlich.
2.68 „	24/X-5/XI	Deutlich (Grenzkonzentration).
4.00 „	15/X-22/X	Weiß, giftig.
8.00 „	15/X-22/X	Weiß, giftig.
0.04% NH_4Cl	15/X-22/X	Schwach.
0.22 „	15/X-22/X	Schwach.
1.00 „	15/X-22/X	Deutlich (Grenzkonzentration).
2.68 „	24/X-5/XI	Weißgrün, giftig.
4.00 „	15/X-22/X	Gelbweiß, giftig.
8.00 „	15/X-22/X	Gelbweiß, giftig.
0.04% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	15/X-22/X	Schwach.
0.21 „	15/X-22/X	Deutlich.
1.07 „	15/X-22/X	Deutlich.
4.05 „	15/X-22/X	Deutlich (Grenzkonzentration).
8.11 „	15/X-22/X	Gelbweiß, giftig.

Es zeigt sich deutlich, daß Ammoniumverbindungen schon bei geringerer Konzentration giftig sind. Das war ganz anderes bei

Agarkultur. Diese Abweichung beruht höchstwahrscheinlich auf der Adsorptionswirkung des Agars.

Nach obigen Versuchen zeigen sich die oberen Grenzkonzentrationen wie folgt:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	wahrscheinlich 12 %
KNO_3	höher als 12 %
NH_4Cl	1.0%
NH_4NO_3	2.7 „
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4.0 „

Die Giftwirkung von Nitrat liegt also bei weitem niedriger als die von Ammoniumverbindungen. Unter diesen ist die Giftwirkung von NH_4Cl am größten, die von $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ am niedrigsten, und die von NH_4NO_3 liegt in der Mitte zwischen beiden.

3. Einfluß des Lichtes auf das Wiederergrünen.

Schon im Unterabschnitt B habe ich erwähnt, daß rote Strahlen eine stärkere Zerstörung des Chlorophylls als blaue Strahlen hervorrufen. Es bleibt nun festzustellen, ob rote Strahlen eine hemmende Wirkung auf das Wiederergrünen ausüben können.

Als Lichtfilter für die gelbroten Strahlen diente mir eine 10%-Lösung von Kaliumbichromat, und für die blauen Strahlen eine ammoniakalische Kupfersulfatlösung. Diese Lösungen wurden in Senebiersche doppelwandige Glocken gefüllt.

Die Resultate waren die folgenden:

Material=vergilbte Gl-Agar-Kultur.

Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: am 13/VI.

Unter roten Strahlen.

<i>Chlorella l.</i>	15/VI	16/VI	17/VI
Strichkultur	Keine Regeneration.	Undeutlich.	Deutliche Reg.
Stichkultur	Keine Regeneration.	Undeutlich.	Undeutlich.

<i>Stichococcus v.</i>	15/VI	16/VI	17/VI
Strichkultur	Keine Regeneration.	Undeutlich.	Schwache Reg.
Stichkultur	Keine Regeneration.	Undeutlich.	Undeutlich.

Unter blauen Strahlen.

<i>Chlorella l.</i>	15/VI	16/VI	17/VI
Strichkultur	Regeneration deutlich.	Reg. deutlich.	Reg. deutlich.
Stichkultur	Reg. undeutlich.	Reg. schwach.	Reg. deutlich nur an der Oberfläche.

<i>Stichococcus v.</i>	15/VI	16/VI	17/VI
Strichkultur	Reg. deutlich.	Reg. deutlich.	Reg. deutlich.
Stichkultur	Reg. undeutlich.	Reg. schwach.	Reg. deutlich nur an der Oberfläche.

Aus diesen Resultaten ersehen wir, daß die Strichkultur unter roten Strahlen langsamer als unter blauen Strahlen ergrünt. Merkwürdigerweise findet keine Ergrünen bei der Stichkultur unter roten Strahlen statt.

Ferner habe ich als Lichtfilter verschiedenfarbige Glasplatten benutzt, von denen schon die Rede gewesen ist. Die Resultate waren ähnlich wie die obigen :

Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: am 3/VI

<i>Chlorella l.</i> bei Strichkultur	4/VI	6/VI
Unter weißer matter Glasplatte	Unverändert	Regeneration schwach.
Unter roter Glasplatte	Unverändert	Regeneration schwach.
Unter blauer Glasplatte	Unverändert	Regeneration deutlich.

<i>Stichococcus v.</i> bei Strichkultur	4/VI	6/VI
Weißer matte Glasplatte	Regeneration schwach.	Dunkelgrün.
Rote Glasplatte	Unverändert.	Grün.
Blaue „	Reg. schwach.	Dunkelgrün.

4. Einfluß der Dunkelheit auf das Wiederergrünen.

Nach den Angaben von Schindler (1913, S. 554) und Boresch (1913, S. 155) sind die Cyanophyceen auch im Dunkeln imstande ihr Phycocyan und Chlorophyll zu regenerieren. Nach Boresch (l. c. S. 182) regeneriert *Chlamydomonas* sp. aber dabei nie ihr Chlorophyll.

Nach meinen Untersuchungen verhalten sich *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* abweichend davon. Sie konnten sogar im Dunkeln ihr Chlorophyll regenerieren.

Am 13/VI wurden die vergilbten Glukoseagarkulturen gleich nach dem Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ins Dunkle gestellt. Die Versuchsprotokolle sind die folgenden ;

<i>Chlorella l.</i>	15/VI	17/VI
Strichkultur	Keine Veränderung.	Regeneration deutlich.
Stichkultur	Keine Veränderung.	Undeutlich.
<i>Stichococcus v.</i>	15/VI	17/VI
Strichkultur	Keine Veränderung.	Regeneration deutlich.
Stichkultur	Keine Veränderung.	Undeutlich.

Ich konnte auch bei der Strichkultur von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* mit Zusatz von Harnstoff ein Wiederergrünen im Dunkeln erlangen.

Weiterhin beabsichtigte ich mir Klarheit darüber zu verschaffen, ob die Nachwirkung des Lichtes auf das Wiederergrünen eine beschleunigende Wirkung ausüben könne. Daher wurde die vergilbte Kultur nach einem Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ anderthalb Stunden lang einem diffusen, aber starken Licht ausgesetzt und dann ins Dunkle gebracht. Der Farbenwechsel war aber ungefähr derselbe wie bei den Parallelversuchen.

5. Einfluß der Temperatur auf das Wiederergrünen.

Die Notwendigkeit einer ziemlich hohen Temperatur für das Ergrünen der höheren Pflanzen ist uns bereits bekannt (Pfeffer I, S. 319). Bei der Regeneration der Farbstoffe der Cyanophyceen fand Boresch (l. c. S. 160) eine optimale Temperatur zwischen 20° – 25°C .

Nach meinen eigenen Versuchen kann ich ebenfalls bestätigen, daß eine Temperatur um 20°C ein besseres Medium als eine niedrigere Temperatur liefert. Einer vergilbten Strichkultur wurden sowohl $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ als auch $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ zugesetzt. Die Resultate waren die folgenden: (Versuche beziehen sich nur auf *Chlorella l.*)

	Temperatur	Zeitdauer	Regeneration
Laboratorium	Temperaturwechsel $3\text{--}5^\circ\text{C}^{(1)}$	13/III–17/III.	Schwach.
Treibhaus	ca 20°C	13/III–17/III.	Deutlich, besonders bei $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Temperatur	Zeitdauer	Regeneration
Laboratorium: 8° – 12°	17/III–24/III.	Erst nach 7 Tagen regeneriert.
Treibhaus: 20°	17/III–21/III.	Erst nach 4 Tagen regeneriert.

(1) Temperaturwechsel wurde mit einem selbstregistrierenden Thermometer gemessen.

Bereits bei den Versuchen B. 1. bemerkte ich vielfach, daß das Ergrünen früher im Sommer als im Winter eintrat. Das läßt sich nach den oben erwähnten Versuchen leicht erklären.

6. Einfluß des sauerstofffreien Mediums und Vakuums auf das Wiederergrünen.

Es ist uns seit langem bekannt, daß Sauerstoff eine unumgängliche Bedingung beim Ergrünen der höheren Pflanzen ist. So konnte Correns (1892 S. 141) in einem möglichst sauerstofffreien Raume kein Ergrünen finden. Nach diesem Autor war bei *Helianthus* 30 mm Luftdruck, bei *Lepidium* sogar 60 mm erforderlich, um wieder zu ergrünen.

Immerhin konnte Grintzesco die Kultur von *Chlorella vulgaris* (1903, S. 77) und *Scenedesmus acutus* (1902, S. 425) im Vakuum, aber am Lichte, ohne besondere Zerstörung des Chromatophors erzielen.

Boresch (l.c. S. 156 ff.) fand auch, daß verfärbte Cyanophyceen im Vakuum, aber nur am Lichte, ihre Farbstoffe regenerieren konnten.

Von den beiden letzteren Autoren ist aber die Größe des partiellen Luftdruckes nicht angegeben worden. Wenn also ein fast absolutes Vakuum vorlag, so mußte der Assimilationssauerstoff, die Rolle des Luftsauerstoffes übernehmen, weil ein Ergrünen ohne O₂ nicht denkbar ist.

Um mir darüber klar zu werden, stellte ich die folgenden Versuche an.

Der erste Versuch.

Weite Glasröhren wurden durch Kalilauge und Pyrogallussäure (a.a.O.) sauerstofffrei gemacht, und die vergilbten Glukoseagarkulturen wurden dann sofort nach dem Zusatz der betreffenden N-Verbindung in die sauerstofffreien Röhren hineingetan. Versuchsbedingungen: Zimmertemperatur und diffuses Licht. Die Versuche verliefen wie folgt:

<i>Chlorella l.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	3/VI-23/VI.	Undeutlich.
Stichkultur	3/VI-23/VI.	Undeutlich.
<i>Stichococcus v.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	3/VI-23/VI.	Giftig, gelbbraun.
Stichkultur	3/VI-23/VI.	Giftig, gelbbraun.

Der zweite Versuch.

Den nächsten Versuch habe ich im Wasserstoff ausgeführt. Dieses Gas wurde wie üblich aus Zink und Schwefelsäure hergestellt und mit 5% Kalipermanganat- und 10% Bleinitratlösung gewaschen, um den Arsen- und Schwefelwasserstoff zu entfernen.

Zugesetzte N-Verbindung: KNO_3 .

<i>Chlorella l.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	4/VI-15/VI.	Unverändert.
Stichkultur	4/VI-15/VI.	Unverändert.
<i>Stichococcus v.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	4/VI-15/VI.	Giftig.
Stichkultur	4/VI-15/VI.	Giftig.

Der dritte Versuch.

Dieser Versuch wurde im Vakuum angestellt. Dabei maß ich mittels Manometer den Luftdruck in der Glocke, in welcher das Versuchsmaterial lag.

Zugesetzte N-Verbindung: KNO_3 .

Luftdruck in Glocke = 50 mm = 6.6% der ursprünglichen Sauerstoffmenge.

Die Versuchsprotokolle sind die folgenden.

<i>Chlorella l.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	4/VI–8/VI.	Sehr schwach.
Stichkultur	4/VI–8/VI.	Sehr schwach.
<i>Stichococcus r.</i>	Zeitdauer	Regeneration
Strichkultur	4/VI–8/VI.	Schwach, aber kein weiteres Ergrünen.
Stichkultur	4/VI–8/VI.	Schwach, aber kein weiteres Ergrünen.

Kontrollversuche in der Luft verliefen wie folgt:

<i>Chlorella l.</i>	6/VI–8/VI.	Sehr deutlich, dunkelgrün.
<i>Stichococcus r.</i>	6/VI–8/VI.	Sehr deutlich, dunkelgrün.

Luftdruck in Glocke = 15 mm (2% der ursprünglichen Sauerstoffmenge).

Chlorella l., Zugesetzte N-Verb. = $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Strichkultur	29/X–13/XI.	Regeneration keine Spur.
Kontrollversuch in der Luft.	29/X–1/XI.	Reg. deutlich, dunkelgrün.

Die obigen übereinstimmenden Resultate zeigen uns klar, daß die untersuchten Algen nie in einem an Sauerstoff zu stark verminderten Medium ihr Chlorophyll regenerieren können. Erst bei 50 mm Luftdruck sind die vergilbten Algen imstande zu ergrünen doch nur in schwachem Grade. Es ist daher noch fraglich, ob

die Resultate von Boresch auf eine nur speziesreine Kultur oder auf eine besondere Eigenschaft der Cyanophyceen zurückzuführen sind. Es ist daher wünschenswert, die betreffende Frage mit einer bakterienfreien Reinkultur von Cyanophyceen noch einmal nachzuprüfen.

C. ÜBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN N-MENGEN UND DER VERGILBUNGSERSCHEINUNG.

Vergegenwärtigen wir uns, daß das Ergrünen durch einen neuen Zusatz von N-Verbindungen bei einer und derselben Kultur eintritt, so ist vorauszusetzen, daß die Vergilbungserscheinung durch den vorausgehenden überschüssigen Zusatz dieser Verbindungen beseitigt werden kann. Um diese Voraussetzung beweisen zu können, habe ich die folgenden Untersuchungen angestellt.

Als Grundnährlösung diente mir wieder M-L. Aus dieser Lösung wurden wie gewöhnlich Glukoseagar und Glukosenährlösung hergestellt.

In Gl-L ist Kalziumnitrat in der Dosis von 0.05% enthalten. Glukoseagar enthält auch annähernd 0.05% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde noch ein weiterer Zusatz der verschiedenen N-Verbindungen auf Gl-Agar oder Gl-L und zwar in einer Dosis von 0.5% gemacht.

1). Bei Glukosenähragar.

Das Nährsubstrat wurde zu je 5 cm³ in die Röhren beschickt. Für jede Kultur bereitete ich stets zwei Röhren. Während des Versuches wurde die Oberfläche des Agarbodens immer dem Lichte zugekehrt.

Chlorella l. bei Strichkultur.

Anfang 7/VI	23/VIII	5/XI
I%Gl-Agar (Kontroll)	g. M., gelbgrün, vergilbt!	Gelbgrün.
Kontroll + 0.5% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	s. g. M., grün.	Grün.
„ + „ KNO_3	s. g. M., grün.	Grün.
„ + „ NH_4Cl	s. g. M., dunkelgrün, teils braun.	Weiß geworden (giftig).
„ + 0.5% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	s. g. M., dunkelgrün, teils braun.	Weiß geworden (giftig).
„ + „ Harnstoff	k. W.	
„ + „ Asparagin	s. g. M., grün.	Grün.
„ + „ Pepton	s. g. M., grün.	Grün.

Stichococcus v. bei Strichkultur.

Anfang 7/VI	23/VIII	5/XI
Kontroll (1% Gl-Agar)	g. M., grün.	Gelbgrün, vergilbt!
„ + 0.5% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	g. M., grün.	Grün, nicht vergilbt.
* „ + „ KNO_3	s. g. M., grün.	Grün.
* „ + „ NH_4Cl	s. g. M., dunkelgrün, teils braun.	Weiß geworden (giftig).
* „ + „ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	s. g. M., dunkelgrün, teils braun.	Weiß geworden (giftig).
* „ + „ Harnstoff	m. M., grün.	Grün.
* „ + „ Asparagin	s. g. M., grün.	Grün.
„ + „ Pepton	s. g. M., grün.	Grün.

Bei den mit Sternen versehenen Kulturen zeigte die Alge Polymorphismus, wovon schon gesprochen worden ist.

Bei den folgenden Versuchen handelte es sich um die Frage, ob die überschüssige Menge des Stickstoffs die Vergilbung beim Glukosenähragar beseitigen kann, in welchem Glukose in einer höheren Konzentration enthalten ist.

Die Kulturbedingungen waren wie früher.

Chlorella l. bei Strichkultur.

Versuchsbeginn 12/XI	10/II	1/VI	10/IX.
0.5% Gl-Agar	Grün.	g. M., dunkelgrün.	Grün.
2% „	Grün.	g. M., gelbgrün.	Weiß geworden.
5% „	Grün.	g. M., gelbgrün.	Weiß geworden.
10% „	Grün.	g. M., gelbgrün.	Weiß geworden.
2% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Grüner.	s. g. M., dunkelgrün.	Dunkelgrün; oberflächlicher und mittlerer Teil wie hinterer Teil des Belags braun.
5% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Grüner.	s. g. M., dunkelgrün.	Dunkelgrün; oberflächlicher und mittlerer Teil wie hinterer Teil des Belags braun.
10% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Grüner.	s. g. M., dunkelgrün.	Dunkelgrün; oberflächlicher und mittlerer Teil wie hinterer Teil des Belags braun.
2% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Grüner.	Größte M., dunkelgrün.	Dunkelgrün; hinterer Teil des Belags braun.
5% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Grüner.	Größte M., dunkelgrün.	Grün; hinterer Teil des Belags braun.
10% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Grüner.	Größte M., dunkelgrün.	Dunkelgrün; hinterer Teil des Belags braun.
2% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	g. M., gelbgrün.	Grün; hinterer Teil des Belags gelb.
5% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	g. M., gelbgrün.	Grün; hinterer Teil des Belags gelb.
10% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	g. M., gelbgrün.	Weiß; hinterer Teil aber gelb.

Stichococcus v. bei Strichkultur.

Versuchsbeginn 22/XI	10/II	1/VI	10/IX
0.5% Gl-Agar	Dunkelgrün.	g. M., dunkelgrün.	Dunkelgrün.

Versuchsbeginn 12/XI	10/II	1/VI	10/IX.
2% Gl-Agar	Dunkel- grün.	g. M., grün.	Weiß geworden.
5% „	Dunkel- grün.	g. M., grün.	Weiß geworden.
10% „	Dunkel- grün.	g. M., dunkel- grün.	Weiß geworden.
2% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
5% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
10% Gl-Agar + Ca (NO ₃) ₂ 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
2% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
5% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
10% Gl-Agar + Asparagin 0.1%	Dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün; hinterer Teil gelb.
2% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	s. g. M., gelb- grün.	Weiß geworden.
5% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	s. g. M., gelb- grün.	Weiß geworden.
10% Gl-Agar + Pepton 0.1%	Gelbgrün.	g. M., dunkel- grün.	Dunkelgrün!

Die beiden oben erwähnten Versuche zeigen uns, daß das Vorhandensein einer größeren Menge Stickstoff im Glukosenähragar die Vergilbung der Algen aufhalten oder sogar verhindern kann. Dabei spielte die Menge der Glukose im Nähragar keine nennenswerte Rolle. Das Grünbleiben der Kulturen erfolgte, einerlei ob die Glukose in der Dosis von 2, 5 oder 10% enthalten war. Dies weist darauf hin, daß die Vergilbung nicht nur als eine Folge einer reichen Ernährung mit Kohlenstoff, sondern auch als eine solche des N-Mangels betrachtet werden kann.

Man sieht ein schlechtes Resultat beim Zusatz von Pepton.

Trotz einer größeren Menge Stickstoff geht dabei oft eine Verfärbung vor sich. Dies beruht sehr wahrscheinlich auf den schlechten Nährwert des Peptons. Die dabei eintretende Entfärbung ist vielleicht auf den Einfluß der Glukose zurückzuführen. Man erinnere sich hier an die 10% Gl-Agar + 0.1% Pepton-Kultur, wo keine Vergilbung eintritt. Warum hier keine Vergilbung und kein Weißwerden eintreten, muß dahingestellt bleiben. Dies lehrt uns aber zur Genüge, daß die häufig eintretende Entfärbung nie als eine Folge zu reicher Ernährung mit Stickstoff betrachtet werden kann.

Von der Giftwirkung von NH_4Cl und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wird später eingehender die Rede sein. Beim Zusatz dieser Salze verblassen die Algen infolge der Bildung freier Säuren.

In Bezug auf die Versuche von *Scenedesmus* n., so schlugen sie immer fehl. Trotz des überschüssigen Zusatzes von N-Verbindungen auf die Strichkultur oder Stiehkultur, verblaßte die Alge oft früher als bei den Kontrollkulturen. Ich habe nicht ausfindig gemacht, was die Ursache davon war.

Hier muß ich noch auf die Farbentöne der verschiedenen Stellen des Algenbelags hinweisen.

Trotz des Vorhandenseins der überschüssigen Menge Stickstoff behielten nur die Oberfläche des Belags, bzw. dessen Ränder, ihre grüne Farbe, und die Hinterseite, und sogar der mittlere Teil der Oberfläche vergilbten. Die Vergilbung des mittleren Teils der Oberfläche des Belags ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß er von der N-Verbindung schwer erreicht wird. Die Vergilbung der Hinterseite scheint aber durch Luftmangel verursacht zu werden.

Die grün bleibenden Teile bei vorliegenden Versuchen waren also ganz ähnlich den durch neuen Zusatz von Stickstoff ergrüntem Teilen des Algenbelags.

2). Bei Glukosenährlösung.

Die folgenden Versuche beziehen sich nur auf *Chlorella l.* Ich sorgte dafür, daß die Alge immer einem diffusen Licht ausgesetzt blieb.

Für jede Kulturreihe benutzte ich drei Kolben von 200 cm³-Inhalt, die je 50 cm³ der Nährlösung enthielten.

Beim ersten Versuch habe ich Ca(NO₃)₂ oder Asparagin in einer Dosis von 0.25% der Gl-L zugesetzt, die die Glukose in einer Dosis von 2, 5 oder 10% enthielt. In diesem Fall übte der Zusatz von N-Verbindungen keine hemmende Wirkung auf die Vergilbung aus. Bei weiteren Versuchen hatte ich daher eine noch größere Menge der verschiedenen N-Verbindungen zuzusetzen.

Der zweite Versuch:

Anfang 28/X/14	12/XII	6/III	29/X	Trocken- gewicht pro 2 Kolben
A. $\frac{1}{2}$ M-L	s. ger. M., grün.	s. ger. M., grün.	m. M., grün.	0.028 g
B. Gl-L (2%)	g. M., grün.	g. M., gelb- grün!	g. M., gelbgrün.	0.296
C. B + Ca(NO ₃) ₂ , 1%	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün.	0.240
D. C + (NH ₄) ₂ SO ₄ , 0.1%	g. M., dunkel- grün.	g. M., grün, teils braun	g. M., weiß.	0.213
E. B + Ca(NO ₃) ₂ , 5%	g. M., dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	s. g. M., dunkel- grün.	0.501
F. B + Ca CO ₃ , 0.5%	g. M., grün.	g. M., grün- gelbgrün.	g. M., gelbgrün.	0.319
G. F + (NH ₄) ₂ SO ₄ , 0.1%	ger. M., gelb- grün.	g. M., dunkel- grün.	g. M., grün.	0.568
H. B + Ca CO ₃ 1%	g. M., grün.	g. M., grün- gelbgrün.	g. M., gelbgrün.	0.290
I. B + Asparagin 0.25%	m. M., grün.	g. M., grün.	g. M., gelbgrün, teils braun.	0.232
J. B + Asparagin 0.5%	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün.	0.383
K. B + Pepton 0.5%	g. M., grün.	g. M., grün.	g. M., grün.	0.647

Die Tabelle läßt erkennen, daß eine größere Menge von N-Verbindungen auch bei Glukosenährlösung die Vergilbung verhindern

kann. Der Zusatz von Ca CO_3 vermochte die Vergilbung nicht zu beseitigen, Er konnte aber die Giftwirkung der Ammoniumsalze, d. i. die Bildung freier Säuren verhindern.

Asparagin bietet ein interessantes Beispiel, wie ein Zusatz von 0.25% eine braune Farbe (giftige Wirkung) und ein solcher von 0.5% keine solche verursacht. Auch bei dieser Vergilbung kann man also nicht von zu reicher Ernährung mit Stickstoff reden, weil selbst eine noch größere Menge davon keine Vergilbung verursacht. Ich vermute bei 0.25%-Asparagin die Bildung einer organischen giftigen freien Säure.

Vergleichen wir das Trockengewicht mit einander, so sehen wir, daß das von E, G, J und K deutlich größer als das der Kontrollkultur (B) ist. Das Trockengewicht bei anderen Kulturen, abgesehen von $\frac{1}{2}$ M-L-Kultur, war fast das gleiche wie das der Kontrollkultur; die Abweichung liegt in der Fehlergrenze. Vermutlich war noch eine Spur von Ca CO_3 in F übrig geblieben. Bei H beobachtete ich deutlich, daß eine geringe Menge von Ca CO_3 zurückblieb. Daher wurde der Rückstand mit Essigsäure gewaschen, um Ca CO_3 zu lösen. Ich befürchtete dabei aber eine Lösung der anderen Stoffe im Algenkörper, was eine Abnahme des Trockengewichts verursacht haben würde. Aus diesem Grunde sind die Trockengewichte bei F und H nur annähernd.

Das Passieren von Aplanosporen und Schwärmern durch das Filtrierpapier verursachte auch einen ziemlich großen Fehler. Daher fällt eine kleine Abweichung des Trockengewichts in die Fehlergrenze.

Schließlich noch ein Wort über das Trockengewicht bei Pepton. Pepton war, wie schon erwähnt, eine schlechte N-Quelle bei Artarischer Nährlösung. Das Resultat vorliegender Versuche ist aber überraschend. Bei Gl-L nach Detmer, namentlich bei längerer Kultur, ist Pepton eine vortreffliche N-Quelle. Ähnliches sieht man auch bei

den vorhergehenden Agarkulturen. Der Nährwert irgend eines Stoffes kann also je nach der Zusammensetzung der Nährlösung und nach der Kulturweise verschieden sein. Man muß also bezüglich der Resultate der verschiedenen Autoren über den Nährwert eines Stoffes diese Tatsache berücksichtigen, sonst kommt man unvermeidlich zu einem Trugschluß.

D. WESEN DER VERGILBUNGSERSCHENUNG.

Um das Wesen der Vergilbungserscheinung näher zu untersuchen, war es nötig, weitere Flüssigkeitskulturen anzustellen. Die Versuche wurden in Jenenser Kaliglaskolben von etwa 300 cm³ Inhalt ausgeführt, um eine etwaige Ausscheidung der Alkalien zu vermeiden. Für jede Versuchsreihe dienten mir, in den meisten Fällen zwei Kolben. Jeder Kolben enthielt je 100 cm³ der Nährlösung. Sie wurde wie üblich sterilisiert und nach der Überimpfung diffusum Licht ausgesetzt. Im Sommer muß man besonders auf die Lichtintensität achten, weil ein grelles Sonnenlicht im Sommer eine Farbstoffzerstörung verursacht.

Erste Kulturen.

Chlorella l.

Anfang 29/X '14	6/III '15.	Trockengewicht pro 2 Kolben	Reaktion nach Abbruch des Versuches
$\frac{1}{2}$ M-L	ger. M., grün.	0.124	Neutral.
2% Gl-L (6 Kolben)	g. M., vergilbt.	1.280 1.262	Neutral oder sauer.
2% Gl-L + Ca CO ₃ 0.5%	g. M., etwas grüner.	0.911	Neutral.
2% Gl-L + Ca(NO ₃) ₂ 1%	s. g. M., dunkelgrün.	1.435	Neutral.
5% Gl-L	g. M., vergilbt.	1.049	Sauer.
10% Gl-L	g. M., ?	0.994	Sauer.
2% Gl-L im Dunkeln	m. M., gelbgrün.	0.508	Sauer. !

Anfang 29/X' 14	6/III '15.	Trockenge- wicht pro 2 Kolben	Reaktion nach Abbruch des Versuches
<i>Stichococcus v.</i>			
$\frac{1}{2}$ M-L	ger. M., grün.	0.144	Neutral.
2% Gl-L	g. M., vergilbt.	0.328	Sauer.
<i>Scenedesmus n.</i>			
$\frac{1}{2}$ M-L	ger. M., grün.	0.354	Neutral.
2% Gl-L	g. M., vergilbt.	0.526	Neutral.
<i>Chlorosphaera p.</i>			
$\frac{1}{2}$ M-L	s. ger. M., grün.	0.237	Neutral.
2% Gl-L	g. M., grün. (am 5/VI vergilbt)	0.390	Neutral.
<i>Chlamydomonas k.</i>			
$\frac{1}{2}$ M-L	ger. M., grün.	0.116	Neutral.
2% Gl-L	g. M., grün.	0.208	Neutral.

Die zweiten und dritten Kulturen beziehen sich nur auf *Chlorella l.*

Zweite Kulturen.

Anfang 20/V	15/VII	10/X	Trockenge- wicht pro ein Kolben	Reaktion nach Versuch
$\frac{1}{2}$ M-L (2 Kolben)	ger. M., grün.	Grün.	0.027	Neutral.
0.5% Gl-L (2 K.)	g. M., grün.	Grün.	0.145	Neutral.

Dritte Kulturen.

Anfang 20/V	15/IX	10/X	Trockenge- wicht pro ein Kolben	Reaktion nach Versuch
$\frac{1}{2}$ M-L (3 K.)	ger. M., grün.	Grün.	0.012	Neutral.
0.5% Gl-L (2 K.)	g. M., grün.	Grün.	{ 0.124 0.123	Neutral.
1% Gl-L (3 K.)	g. M., grün.	Gelbgrün.	{ 0.118 0.140	Neutral.
2% Gl-L (6 K.)	g. M., grün.	Gelbgrün.	{ 0.172 0.165	Neutral.
$\frac{1}{2}$ M-L im Dunkeln	k. W.	W. Spur.	—	Neutral.

Zunächst werde ich die Trockengewichte mit einander ver-

gleichen. Bei *Chlorella l.* ist die Ernte bei 2% Gl-L etwa zehnmal größer als die bei $\frac{1}{2}$ M-L. Ähnliches haben wir schon bei den Versuchen von C, 2 beobachtet. Die beschleunigende Wirkung der Glukose auf das Wachstum war bei anderen untersuchten Algen nicht so merklich wie bei *Chlorella l.*, doch ziemlich deutlich.

Die Maximalernte von *Chlorella l.* war bei 1% und 2%-Gl-L wahrzunehmen.

Es sei noch bemerkt, daß die Ernten der ersten Kulturen ziemlich viel größer waren als die der zweiten und dritten Kulturen. Nach meiner Meinung ist diese Abweichung auf die Verschiedenheit der Kulturdauer and der Jahreszeiten zurückzuführen.

Merkwürdigerweise kommt keine Vergilbung bei 0.5% Gl-L vor. Diese Erscheinung tritt aber bei 1%-, 2%-, 5%- und 10%-Gl-L ein. Daher halte ich 0.5% für die Grenzkonzentration der Glukose, die bei *Chlorella l.* keine Vergilbung hervorruft.

1. Vergilbungserscheinung schon bei neutralem Zustande der Nährlösung.

Im folgenden möchte ich das Wesen der Vergilbungserscheinung etwas eingehender erörtern.

Der Verlauf des Farbenwechsels von *Chlorella l.* bei Gl-L sei hier noch einmal erwähnt: *Chlorella l.* vergilbt erst nach 3–5 Monaten nach der Überimpfung. Je älter die Kultur wird, desto gelber wird die Alge, dann wird sie weiß, um schließlich abzusterben.

Nach meinen Untersuchungen hängt das Weißwerden der untersuchten Algen, wenigstens der *Chlorella l.*, mit einer Giftwirkung zusammen. Das Weißwerden wird nämlich durch eine freie organische Säure verursacht, wovon später die Rede sein wird. Somit besteht der Entfärbungsvorgang bei den untersuchten Algen aus zwei auf einander folgenden Vorgängen.

Erstens Vergilbung.

Zweitens Weißwerden.

Zunächst komme ich auf die Vergilbungserscheinung zu sprechen. Die Gl-L ist wegen Vorhandenseins von KH_2PO_4 schwach sauer und beim Verlauf der Kultur wird sie neutral. Die Vergilbung tritt schon im neutralen Zustande der Nährlösung auf, und die hauptsächlichste Ursache der Vergilbung muß daher anderswo zu suchen sein. Der Verblässungsvorgang geht mit der sauren Reaktion der Nährlösung hand in hand. Es fragt sich nun:

Ist der N-Mangel die Hauptursache der Vergilbung? Um diese Frage zu beantworten, sah ich mich veranlaßt den Nachweis von Nitrat und Ammoniak in den vergilbten Kulturen zu erbringen.

2. Nachweis von Nitrat und Ammoniak.

Das Nitrat wurde mit einer Diphenylaminlösung der Schwefelsäure geprüft. Bei der Prüfung des Ammoniaks zeigte sich aber das Nessler'sche Reagens unbrauchbar, weil eine andere dieses Reagens reduzierende Substanz in der Nährlösung gebildet wird. Daher wurde die zu prüfende Lösung mit Natronlauge gekocht, und der dabei emporsteigende Dampf wurde mit einem mit HCl benetzten Glasstab geprüft.

In der nachfolgenden Tabelle sind kurz die Resultate der Nitratreaktion dargestellt.

	$\frac{1}{2}$ M-L	0.5% Gl-L	1% Gl-L	2% Gl-L	5% Gl-L	2% Gl-L + CaCO_3
<i>Chlorella l.</i>	Deutlich	Keine Spur	Keine Spur	Keine Spur	Keine Spur	Keine Spur

	<i>Stichococcus v.</i>	<i>Scenedesmus n.</i>	<i>Chlorosphaera p.</i>	<i>Chlamydomonas k.</i>
$\frac{1}{2}$ M-L	Deutlich	Deutlich	Deutlich	Keine Spur
Gl-L (2%)	Keine Spur	Keine Spur	Keine Spur	Keine Spur

Mit Bezug auf Ammoniak, so konnte ich keine Spur in irgend einer Kultur von *Chlorella l.* finden.

Aus obigen Prüfungen geht hervor, daß der Mangel an Stickstoff keine nennenswerte Rolle bei der Vergilbung spielt. So trat bei 0.5% Gl-L die Erschöpfung des Nitrats ebenso wie bei 1%- und 2%Gl-L auf. Trotzdem findet bei der ersteren Lösung keine Vergilbung statt. Die dritte Frage, die sich erhebt ist dann :

Kann eine heterotrophe Lebensweise die Zerstörung des Chlorophylls verursachen ?

Infolgedessen sah ich mich veranlaßt, die verarbeitete Menge der Glukose zu bestimmen.

3. Verbrauchbare Mengen Glukose und damit zusammenhängende Algenernte.

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich, wenn nichts anderes gesagt wird, nur auf *Chlorella l.*

Die Analyse der Glukose wurde nach der Methode von Bertrand¹⁾ ausgeführt.

Die Resultate sind die folgenden :

Kulturdauer	Ursprüngl. Menge	Verbrauchte Menge	Zurückgeblieb. Menge	Trockengewicht	Trockeng. pro 1g Glukosekonsum
29/X-1/VII	5. g (5%)	1.900	3.100	0.525	0.271
29/X-1/VII	10 „ (10%)	2.100	7.900	0.497	0.237
1/VII-10/X	0.5 „ (0.5%)	0.477	0.023	0.124	0.260 !
20/V-10/X	0.5 „ (0.5%)	0.495	0.006	0.145	0.293 !
11/VII-10/X	1.0 „ (1%)	0.832	0.168	0.118	0.142
11/VII-10/X	2.0 „ (2%)	0.975	1.025	0.172	0.176

Die Tabelle läßt erkennen, daß die Glukose bei 0.5% fast

1). Bertrand: Guide pour les manipulations de Chimie biologique, 1913, II. Éd.

ganz resorbiert wird, und daß sie bei höheren Konzentrationen in mehr oder weniger großen Mengen zurückbleibt.

Beachtenswert ist auch, daß die Algenernte im Verhältnis zum gleichen Glukosekonsum bei 0.5% Gl-L am größten ist.

Es ist daher wohl denkbar, daß bei 1%- und 2% Gl-L eine größere Menge Glukose als Gärungsmaterial verwendet wird. Demgemäß ist die Anhäufung einer größeren Menge von Gärprodukten bei 1%- sowie 2%-Gl-L, als bei 0.5% Gl-L zu vermuten.

Streng genommen ist der Spaltungsprozeß der Glukose bei 1%- und 2%-Gl-L nicht als Gärungsprozeß, sondern als eine unvollständige Oxydation oder Oxydationsgärung zu betrachten, weil er in der Luft oder im luftreichen Medium vor sich geht. Jedoch kann ich die Möglichkeit einer echten Gärung nicht ausschließen, weil ich vielfach bei Stiehkulturen Gasbildung beobachten konnte.

Bei vollständiger Oxydation von Zucker wird eine größere Energie als bei der Gärung frei, und daher kann der größte Teil des Zuckers als Baumaterial verwendet werden.

Vermutlich geht bei 0.5% Gl-L vor allem vollständige Oxydation der Glukose und damit eine ökonomische Durcharbeitung der Glukose vor sich.

Man kann aber nicht ohne weiteres sagen, daß die Gärung eine wesentliche Ursache der Vergilbungserscheinung ist, obwohl zwischen beiden ein gewisser Parallelismus herrscht.

Es ist aber begreiflich, daß die Algen in zuckerreichen Medien, d. i. in 1%-Gl-L, und in mit noch größeren Mengen von Glukose versehenen Lösungen, saprophytisch oder heterotroph an Kohlenstoff werden können. In diesem Falle kann die Glukose den ganzen C-Bedarf decken. Möglicherweise liegt der Fall anders bei 0.5% Gl-L. Es scheint mir wahrscheinlich, daß dabei sowohl Glukose als auch Kohlensäure den Algen als C-Quelle dient. Offenbar übertrifft aber

der Anteil der Glukose bei der C-Assimilation den von Kohlensäure bei weitem, weil die untersuchten Algen bei autotropher Ernährung immer geringe Ernten liefern.

Auf Grund des bisher Gesagten muß die Hauptursache der Vergilbungserscheinung die zuckerreiche Ernährung und die damit zusammenhängende saprophytische Lebensweise sein. Der Gärungsprozeß ist nichts anderes als eine mit der Vergilbung parallel gehende Erscheinung. Er bildet keine direkte Ursache der Vergilbung. Jedoch könnte man an eine Giftwirkung der Gärprodukte, und daher an einen indirekten Einfluß derselben auf das Weißwerden der Algen denken.

Das Weißwerden bei den untersuchten Algen war eine Absterbeerscheinung. Die vergilbten Algen blieben dagegen einige Monate lang lebensfähig, und konnten durch einen Zusatz von N-Verbindung wieder ergrünen. Die beiden Erscheinungen mußten also bei den untersuchten Algen klar von einander unterschieden werden.

Nach meiner Meinung muß die Vergilbungserscheinung als eine ökologische Erscheinung und das Weißwerden als eine Absterbeerscheinung betrachtet werden.

Gewöhnlich folgen die beiden Erscheinungen die eine auf die andere. Infolgedessen wurden sie oft als eine einzige Erscheinung betrachtet. Es scheint mir aber, daß die Verblässungserscheinung direkt, ohne Vergilbung, als eine Folge der saprophytischen Lebensweise vorkommen kann. Dies ist wahrscheinlich der Fall bei *Euglena gracilis*. Wie weit meine Unterscheidung richtig ist, lasse ich dahingestellt.

Vor langer Zeit schon wurde die Beziehung zwischen Saprophytismus und Entfärbung betont, und die Abstammung der echlorophylllosen Saprophyten und Parasiten wurde damit erklärt. Diese Ansicht herrscht heute noch; allerdings ist sie noch auf

keinem experimentellen Wege bewiesen.

Über die Ursache der Entfärbung der Algen finden wir Aufschluß in den Arbeiten von Zumstein (1900), Artari (1902, 1913) und E. Pringsheim (1913).

Nach Artari (1902 S. 206) ist das Chlorophyllverschwinden der Chlorophyceen als eine Folge reicher organischer Ernährung zu betrachten. Bei diesem Autor fand sich aber kein Analysieren der Ursachen der Entfärbung.

Zumstein erhielt weiße Euglenen (*Astasia*-Form) neben grünen Formen, sowohl in konzentriertem Erbsenwasser, als auch in Fleischextraktlösung und zwar am Licht. Nach Mitteilungen dieses Autors ergrünte die *Astasia*-Form „mit allmählichem Verbrauche der organischen Nahrung oder mit der Gewöhnung an die konzentrierte Lösung“ (S. 185). Es ist aber sehr fraglich, ob seine Behauptung zutrifft. Man erinnere sich zunächst der N-Quelle in seinen Nährlösungen. Wahrscheinlich sind in denselben höhere N-Verbindungen, wie z. B. Eiweiß und Aminosäure, vorhanden. Es ist daher möglich, daß einfache N-Verbindungen, wie Ammoniumsalze &c., daraus entstehen und zunächst zur Chlorophyllbildung dienen. Wenn die Vermutung zutrifft, so ist das Auftreten der *Astasia*-Form am Lichte zum Teil auf eine unbenutzbare N-Verbindung d. i. indirekten N-Mangel zurückzuführen.

Zumstein fand schon das Auftreten des Weißwerdens in N-freier Lösung, und auch das Ergrünen verblaßter Algen bei bloßer Zugabe von N- und zwar NH_4 -Verbindungen, nicht aber bei Zugabe von anderen Salzen (S. 184). Er legte aber das Hauptgewicht des Weißwerdens nicht auf den N-Mangel.

Immerhin betrachten sowohl E. Pringsheim als auch Zumstein die „üppige Ernährung“ als eine Ursache der Verblassung der Euglenen. In ihren Arbeiten ist aber die Frage, wie „reiche or-

ganische Ernährung“ (Zumstein l.c. S. 184) oder „üppige Ernährung“ (E. Pringsheim l.c. S. 45) Farbloswerden verursacht, nicht berührt worden.

Es scheint mir wahrscheinlich, daß die genannten Autoren den Einfluß der C-Quelle auf das Weißwerden nicht berücksichtigten.

In den Arbeiten von Schindler und Boresch finden wir, daß der N-Mangel einen großen Einfluß auf die Entfärbung der Cyanophyceen und *Chlamydomonas*-sp. ausübt, Meine eigenen Untersuchungen bestätigen auch den Einfluß des N-Mangels auf die Vergilbung der Chlorophyceen. Ich kann ihn jedoch nicht als die Hauptursache der Vergilbung betrachten. Darüber habe ich bereits gesprochen, und will daher an dieser Stelle nicht näher darauf eingehen, sondern nur noch ein Beispiel hinzufügen.

Ich kultivierte einmal *Chlorella* l., *Stichococcus* v. und *Scenedesmus* n. auf Beijerinckschem N-freien Gl- und Mannit-Agar. Trotz des N-Mangels zeigten die Algen bei Mannit-Agar einen kleinen schön grünen Belag, bei Gl-Agar aber einen gelbgrünen kleinen (*Stichococcus* und *Scenedesmus*), bisweilen aber auch großen Belag (*Chlorella*). Selbstverständlich war die Vergilbung auf Gl-Agar von der reichen Ernährung an Kohlenstoff und dem N-Mangel abhängig. Mannit ist eine schlechte C-Quelle für die betreffenden Algen, was das Grünbleiben der Algen erklären läßt.

Dies und früher schon mitgeteilte Gründe lassen uns erkennen, daß der N-Mangel einen Einfluß zweiter Ordnung auf die Vergilbung ausübt. Ich will versuchen den Einfluß der Glukose und des N-Mangels auf die Vergilbung bildlich klar zu machen. Man denke hierbei an einen fallenden Körper. Die Ursache des Fallens eines Körpers ist selbstverständlich die Schwerkraft. Man kann aber mit einer Platte leicht den Körper unterstützen und am Fallen verhindern. Mit solcher Platte kann man die hemmende

Wirkung des Stickstoffs betreffs der Vergilbung vergleichen. Die Hauptursache der Vergilbungserscheinung muß reiche Kohlenstoffernährung sein, die man bildlich mit der den Fall des Körpers bedingenden Schwerkraft vergleichen kann.

E. FARBLOSWERDEN UND ABTÖTUNG DURCH BILDUNG FREIER SÄUREN.

Nach und nach verblassen die vergilbten Algen, um zuletzt ganz weiß zu werden. Bei Agarkulturen von *Chlorella l.* und *Stichococcus v.* dauerte der Vergilbungszustand etwa drei Monate lang. Ähnlich verhielten sich auch die vergilbten Kulturen von *Chlorella l.* in 2%- sowie 5%-Gl-L.

Bei den weißen Flüssigkeitskulturen fand ich immer die Bildung freier Säure. Bemerkenswerterweise fand ich in 10 cm³ von 2%- und 5% Gl-L immer eine 0.3 cm³ $\frac{n}{10}$ NaOH entsprechende Menge freie Säure. Nach chemischer Analyse erwies sich diese Säure als identisch mit Ameisensäure.

Daher wurde die Giftwirkung der Ameisensäure und anderer wichtiger Säuren auf die Algen geprüft. Das Ergebnis lehrte mich, daß die Giftwirkung der Ameisensäure die von anderen Säuren bei weitem übertrifft. Die $\frac{N}{333}$ -Lösung der Ameisensäure wirkte auf *Chlorella l.* immer tödlich. Die $\frac{N}{333}$ Lösung der Ameisensäure ist betreffs Konzentration der Lösung gleich, die 0.3 cm³ der $\frac{N}{10}$ Ameisensäure in je 10 cm³ enthält. Damit stimmt die tödliche Konzentration der Ameisensäure völlig mit der Konzentration der bei weißen Kulturen gefundenen Ameisensäure überein.

Im gelbgrünen oder gelbweißen Zustande der Kultur sind die Algen noch lebensfähig. Man kann durch ihre Überimpfung eine neue Kultur gewinnen. Dies kann man jedoch nicht beim ganz

weißen Zustände der Kultur. Weder Überimpfung, noch N-Zugabe rufen dann einen positiven Erfolg hervor. Die Algen sind völlig abgestorben. Das gesagte trifft wenigstens auf *Chlorella l.* und *Stichococcus v. zu.* *Scenedesmus n.* verhält sich etwas anders. Diese Alge verblaßt leicht bei Glukoseagarstrichkultur. Bei alten Kulturen stirbt der direkt der Luft ausgesetzte Teil des Belags ab; die Rückseite und die Ränder des Belags bleiben aber lebensfähig und ergrünen durch eine N-Zugabe.

1. Indirekte Giftwirkung der anorganischen Säuren.

Zunächst seien hier die Aziditäten der verschiedenen Kulturen bei den Versuchen C, 2 mitgeteilt. Sie wurden nach Beendigung der Versuche mit $\frac{N}{10}$ NaOH bestimmt. Dabei wurde die Nährlösung abfiltriert, und das Filtrat davon wurde zu je 10 cm³ mit der genannten Alkalilösung titriert.

<i>Chlorella l.</i>	Zustand der Alge	Azidität mit $\frac{N}{10}$ NaOH pro 10 cm ³ Filtrat
A $\frac{1}{2}$ M-L	Frisch, grün.	Neutral.
B 2% Gl-L	Vergilbt.	0.2 cm ³
C B+Ca(NO ₃) ₂ 1%	Frisch.	Neutral.
D C+(NH ₄) ₂ SO ₄ 0.1%	Weiß, tot!	1.0 cm ³ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{N}{100} \text{H}_2\text{SO}_4, \text{ wenn freie} \\ \text{Säure identisch mit} \\ \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ist.} \end{array} \right.$
E B+Ca(NO ₃) ₂ 5%	Frisch.	Neutral.
F B+CaCO ₃ 0.5%	Vergilbt.	Neutral.
G F+(NH ₄) ₂ SO ₄ 0.1%	Frisch!	0.3 cm ³
H B+CaCO ₃ 1%	Gelbgrün.	Neutral.
I B+Asparagin 0.25%	Giftig.	0.5 cm ³
J B+Asparagin 0.5 %	Frisch.	0.6 cm ³
K B+Pepton 0.5%	Frisch.	1.2 cm ³

Merkwürdigerweise trat die giftige Erscheinung bei I auf, (Asparagin 0.25%), während bei J (Asparagin 0.5%) keine solche zu finden war. Trotzdem war die Azidität bei beiden Lösungen fast gleich, was die Verschiedenheit der Säuren erkennen läßt. Bei J und k ist auf die Gegenwart schwach giftiger organischer Säuren und bei I auf eine giftige organische Säure wie Ameisensäure hinzuweisen.

Beachtenswert sind die ziemlich große Menge an Säure und die Giftwirkung bei D. Bereits Artari (1906 S. 183) nahm bei *Chlorella communis* die Bildung freier Salpetersäure als eine Folge der Verarbeitung des Ammoniumnitrats an.

Sehr wahrscheinlich ging in unserem Falle die Bildung freier Schwefelsäure vor sich, weil dabei Ammoniumsulfat benutzt wurde. Nehmen wir nun an, daß gebildete Säure nur aus H_2SO_4 besteht, so muß seine Konzentration $\frac{N}{100} \text{H}_2\text{SO}_4$ gleich sein.

Es ist nunmehr erforderlich festzustellen, in welcher Beziehung die Giftwirkung und die Konzentration der Schwefelsäure zu einander stehen.

Bei meinen Untersuchungen zeigte es sich, daß anorganische Säuren verhältnismäßig Schwache Giftwirkung ausüben, und daß $\frac{N}{10} \text{H}_2\text{SO}_4$ *Chlorella l.* nicht töten kann. Näheres darüber wird man später finden.

Aus diesem Grunde ist es klar, daß die Giftwirkung der D-Nährlösung nie direkt durch die Bildung der freien Schwefelsäure bedingt ist.

Vermutlich greift Schwefelsäure die Formiate an, und läßt freie Ameisensäure entstehen. Aus diesem Grunde halte ich die Giftwirkung der Schwefelsäure für indirekt.

Der Fall muß auch bei der Giftwirkung von NH_4Cl und

NH_4NO_3 ähnlich sein. Man kann vermuten, daß die freigewordene Salzsäure oder Salpetersäure die Formiate angreift und dadurch die Ameisensäure frei macht.

Um die Bildung freier Säure aus den oben genannten Ammoniumsalzen zu verhindern, habe ich mit Erfolg Kalziumkarbonat, und zwar in einer Dosis von 1% benutzt. Diesbezügliche Untersuchungen mit Detmers Nährlösung ersieht man aus obiger Tabelle. Weiterhin habe ich dieselben Versuche mit Artarischer Nährlösung ausgeführt. In Artarische Nährlösung wurde $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in einer Dosis von 0.5%, und CaCO_3 in einer Dosis von 1% zugesetzt. Nach 4 Monaten (27/VI-10/X) war die Kultur von *Chlorella l.* gelbgrün oder dunkelgrün, während die Kontrollkultur schon gelbweiß wurde. Bei *Scenedesmus n.* konnte ich keine Erfolge erhalten. Diese Alge wird weiß, einerlei ob sie mit oder ohne CaCO_3 kultiviert wird.

2. Nachweis flüchtiger Säuren, bzw. der Ameisensäure und nicht-flüchtiger Säuren.

Zunächst werde ich eine kurze Darstellung der Nachweismethoden der organischen Säuren geben. Wegen Einzelheiten verweise ich auf die Arbeiten von Bertrand (a. a. O.) und Abderhalden.¹⁾

Qualitative Analyse flüchtiger Säuren.

Die Nährlösung, nach oder ohne Filtration, wurde durch Schwefel- oder Weinsäure schwach sauer gemacht und unter Anwendung eines Kühlers destilliert. Das Destillat wurde neutralisiert und auf dem Wasserbad eingedampft. Dann wurde das konzentrierte Destillat wieder sauer gemacht und mit Äther im Scheidetrichter ausgeschüttelt,

1) Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Bd. II, 1910.

um die Säure zu extrahieren. Nach Befreiung von Äther erhielt ich immer eine kleine Menge Säurelösung.

Ameisensäure kennzeichnet sich durch die folgenden Reaktionen.

- 1). Mit AgNO_3 bildet die neutralisierte Säure einen weißen und dann schwarz werdenden Niederschlag von Silberformiat.
- 2). Salpetersaure Lösung von Kaliumpermanganat (0.5%) färbt sich mit ihr blau.
- 3). Ein charakteristischer Geruch von Ester entsteht durch einen Zusatz von Äthylalkohol und H_2SO_4 .
- 4). Geringere Flüchtigkeit, eine Eigenschaft, die auch zur quantitativen Analyse benutzt wird (nach Bertrand).

Betreffs Erkennung der Butter-, Valerian-, Essig- und Propionsäure verweise ich auf das Werk von Bertrand (a. a. O.).

Man kann die Ameisensäure von der Essigsäure dadurch unterscheiden, daß das Eisensalz der ersteren im Gegensatze zu dem der letzteren in Äthylalkohol unlöslich ist (vergl. Abderhalden l.c.).

Qualitative Analyse nicht-flüchtiger Säuren.

Die nach der Destillation zurückbleibende Nährlösung enthält noch eine große Menge Ameisensäure, weil dieses sich schwer verflüchtigt. Es bedarf daher einer besonderen Vorsicht, um damit Prüfungen nicht-flüchtiger Säuren anzustellen. Uffelmanns Reaktion für die Erkennung der Milchsäure war unbrauchbar, weil eine gleiche Reaktion auch durch Ameisensäure hervorgerufen wird. Daher versuchte ich die Milchsäure durch die Bildung von Zinklaktat zu erkennen.

Oxalsäure läßt sich durch Bildung oxalsauren Kalkes erkennen. Trotz vielfacher Bemühungen konnte ich aber keine Spur dieser Säure nachweisen. Daher kochte ich die Algen sammt der Nährlösung

mit HCl, und behandelte sie dann wie üblich, um die Gegenwart der Oxalsäure in den Algenkörpern nachzuweisen. Aber auch diese Versuche blieben ohne Erfolg.

Bei Agarkulturen von *Chlorella l.*, *Stichococcus v.* und *Scenedesmus n.* konnte ich einmal eine kleine Anzahl Kristalle Kalziumoxalat beobachten. Sie wurden aber auch bei Glukose- und Mineralagarkultur gefunden. Ich möchte daraus schließen, daß dabei Oxalsäure keinen direkten Zusammenhang mit der Verarbeitung der Glukose hat.

Für die Weinsäure haben wir keine für sie allein charakteristische Reaktion. Die Reaktion mit Resorzin und H_2SO_4 war bei Gl-L nicht recht anwendbar, weil Glukose eine ähnliche Reaktion gibt. Die einwandfreie Erkennung der Weinsäure wird nur durch die Isolierung derselben ermöglicht.

Im folgenden sind die Resultate über die Nachweise der organischen Säuren übersichtlich gezeigt. Das Versuchsmaterial wurde den Kulturen im Unterabschnitt D entnommen.

Kulturdauer: 29/X '14–1/VII '15.

<i>Chlorella l.</i>	Zustand der Kultur	Reaktion	Resultate	
			positive	negative
$\frac{1}{2}$ M-L	Frisch, grün.	Neutral.	Ameisensäure.	—
2% Gl-L	Vergilbt.	Sauer.	Ameisensäure.	Oxalsäure.
2% Gl-L + $CaCO_3$ 1%	Vergilbt.	Neutral.	Ameisensäure.	Essig-, Butter-, Propion-, Valerian-, Oxal- und Milchsäure.
2% Gl-L + $Ca(NO_3)_2$ 1%	Frisch, grün.	Neutral.	Ameisensäure.	—
5% Gl-L	Vergilbt, teils verblaßt.	Sauer.	Ameisensäure.	Oxal- n. Milchsäure.
2% Gl-L im Dunkeln	Gelb.	Sauer.	Ameisensäure.	Essigsäure.

<i>Stichococcus v.</i>	Zustand der Kultur	Reaktion	Resultate	
			positive	negative
$\frac{1}{2}$ M-L	Frisch, grün.	Neutral.	Ameisensäure.	—
2% Gl-L	Vergilbt.	Sauer.	Ameisensäure.	—
<i>Scenedesmus n.</i>				
$\frac{1}{2}$ M-L	Frisch.	Neutral.	Spur von Ameisens.	—
2% Gl-L	Vergilbt.	Neutral.	Ameisens. deutlich.	—
<i>Chlorosphaera p.</i>				
$\frac{1}{2}$ M-L	Frisch.	Neutral.	Ameisensäure.	—
2% Gl-L	Vergilbt.	Neutral.	Ameisensäure.	—
<i>Chlamydomonas k.</i>				
$\frac{1}{2}$ M-L	Frisch.	Neutral.	Ameisensäure.	—
2% Gl-L	Frisch.	Neutral.	Ameisensäure.	Milchsäure.

Quantitative Analyse der Ameisensäure.

Diese wurde nach Duclaux (vergl. Bertrand l.c.) ausgeführt. Die Nährlösung aus einem Kolben (ursprüngliche Menge 100 cm³) wurde nach oder ohne Filtration sauer gemacht, und das ganze Volumen wurde durch Zusatz von Wasser auf 120 cm³ gebracht. 10 cm³ davon wurden zur Bestimmung der freien Säure vorbehalten. Die übrigen 110 cm³ wurden in einen Destillierkolben vom etwa 300 cm³ Inhalt hineingetan und abdestilliert.

Die Destillate in Portionen von je 10 cm³ wurden nach einander unter Verwendung von Phenolphthalëin als Indikator mit $\frac{N}{50}$ NaOH titriert. Dadurch erhielt ich der Reihe nach die Aziditäten in den Destillaten von 10 (bei 1ster Fraktion), 20 (bei I + II), 30 (I + II + III) . . . bis 60 cm³. Durch den zunehmenden Grad der Azidität in den obigen Destillaten zeichnet sich auch Ameisensäure vor anderen flüchtigen Säuren aus. Weitere Destillation verursacht oft eine Spaltung der organischen Substanz und damit eine Neubildung flüchtiger oder nicht-flüchtiger Säuren. Daher wurde die Destilla-

tion sofort sistiert, nachdem 60 cm³ Destillat erhalten worden waren.

Vermittels der Azidität des 60 cm³ Destillates berechnete ich die gesammte Azidität. Da aber die beobachtete Azidität immer gering ist, so ist der Versuchsfehler im Verhältnis zur gesammten Azidität ziemlich groß, was oft die Brauchbarkeit der Resultate beeinträchtigt. Wahrscheinlich beträgt der Fehler 1 bis 1.5 cm³, während die Gesamt- Azidität in den meisten Fällen nicht über 10 cm³ ist.

Das Versuchsmaterial wurde den im Unterabschnitt D erwähnten Kulturen entnommen.

Die Resultate waren die folgenden:

<i>Chlorella l.</i> Kulturdauer	Kulturlösung	Zustand d. Kultur	Azidität d. freien Säure	Trockenge- wicht pro ein Kolben	Gesammte Azidität mit $\frac{N}{50}$ -NaOH
29/X-1/VII	2% Gl-L.	Gelbgrün.	1.54 c.c.	0.635 g.	8.57 c.c.
29/X-1/VII	5% Gl-L.	Gelbweiß.	7.70	0.525	8.39
29/X-1/VII	2% Gl-L. (Dunkel).	Gelb.	8.10	0.254	5.45
29/X-1/VII	2% Gl-L. (Dunkel).	Gelb.	Sauer.	Destilliert ohne Fil- tration.	9.41
11/VII-15/X	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	0.012	3.02
11/VII-15/X	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	Ohne Filt.	2.35
11/VII-15/X	0.5% Gl-L.	Grün.	Neutral.	0.123	9.92
11/VII-15/X	1% Gl-L.	Gelbgrün.	Neutral.	0.140	7.76
11/VII-15/X	2% Gl-L.	Gelbgrün.	Neutral.	0.160 ¹⁾	8.62
11/VII-15/X	2% Gl-L.	Gelbgrün.	Neutral.	Ohne Filt.	12.07
20/V-28/X	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	0.027	4.96
<i>Stichococcus v.</i>					
29/X-1/VII	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	0.072	3.53
29/X-1/VII	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	Ohne Filt.	5.88
29/X-1/VII	2% Gl-L.	Gelbgrün.	Neutral.	0.164	5.88
<i>Scenedesmus n.</i>					
29/X-1/VII	$\frac{1}{2}$ M-L.	Grün.	Neutral.	0.177	Spur.
29/X-1/VII	2% Gl-L.	Gelbgrün.	Neutral.	0.263	9.90

1) Die Nährlösung wurde zuerst mit Filtrierpapier und dann mit dem Chamberlandschen Trichter filtriert.

Durch diese Untersuchungen ist bewiesen worden, daß Ameisensäure überall in den untersuchten Algenkulturen, und zwar sowohl in M-L, als auch in Gl-L vorkommt.

Vergleichen wir die Ameisensäuremenge, im Verhältnis zur gleichen Algenmenge, bei den verschiedenen Kulturen, so sehen wir, daß die Menge der betreffenden Säure in M-L viel größer ist als in Gl-L. Bei *Chlorella l.* ist auch nachgewiesen, daß die Menge der Ameisensäure in 0.5% Gl-L deutlich größer als in 1%- und 2% Gl-L ist.

Hieraus geht hervor, daß die Bildung der Ameisensäure nicht im Zusammenhange mit der Glukosespaltung steht. Tatsächlich ist die Ameisensäurebildung mehr bei den mit keiner oder weniger Glukose versehenen Kulturen (M-L und 0.5% Gl-L), als bei den mit reichlicher beschickten Glukose Kulturen (1% und 2%- Gl-L) begünstigt.

Schon im Jahre 1882 fand Bergmann Ameisensäure neben Essigsäure nicht nur bei Phanerogamen, sondern auch bei Algen, wie *Phormidium*, *Mougeotia*, *Vaucheria*, *Chara*, *Batrachospermum*, &c. Bergmann nahm die beiden Säuren als „Spaltungsprodukt konstituierender Bestandteile des vegetabilischen Protoplasma“ (S. 784) an. Dieser Schluß basierte aber nur darauf, daß die Säuremenge im Dunkeln zunimmt. Meine eigenen Versuche zeigen ein ähnliches Ergebnis, weil die Ameisensäuremenge, die gleiche Algenmenge vorausgesetzt, bei der Dunkelkultur in 2% Gl-L, größer als bei der Lichtkultur im derselben Nährlösung war.

Der Vermutung von Bergmann widerspricht aber die Tatsache, daß die Ameisensäurebildung bei begünstigten Kulturen (M-L und 0.5% Gl-L) beschleunigt ist. Richtiger scheint mir daher die Ameisensäure als ein normales Stoffwechselprodukt zu betrachten.

Auch glaube ich hier zum Schluß noch bemerken zu müssen,

daß bei der Kultur von *Chlorella l.* in Gl-L die Destillation ohne Filtration immer eine größere Säuremenge zeigte als diejenige mit Filtration. Dies weist deutlich darauf hin, daß Ameisensäure, wahrscheinlich in der Form von Salzen, nicht nur in Nährlösung, sondern auch im Algenkörper enthalten ist. Dies ist auch der Fall bei der Kultur von *Stichococcus v.* in M-L. Wesentlich anders fällt aber die Kultur von *Chlorella l.* in M-L aus. Hier zeigten die beiden Destillationen keinen nennenswerten Unterschied; die Abweichung liegt dabei innerhalb der Versuchsfehler. Das Verhalten scheint mir je nach den Algenarten, der Virulenz der Kultur und den Nährmedien veränderlich zu sein.

3. Bildung der oxydierbaren Substanz.

Die Giftwirkung von Aldehyd, wie z. B. Formaldehyd, Äthylaldehyd &c. ist häufig berichtet worden. Ich verweise auf die Arbeiten von Kuch (1891), Bokorny (1897), und Clark (1899). Nach Bokorny (1911) kann aber die verdünnte Aldehydlösung ohne Giftwirkung assimiliert werden.

Ich habe mich daher bemüht festzustellen, ob Aldehyd in meiner Kulturlösung entstanden war.

Für diese Zwecke wurde die Nährlösung neutral oder schwach alkalisch gemacht, und dann abdestilliert. Das Destillat hatte einen aldehydähnlichen Geruch. Auch wurden die folgenden Reaktionen davon bemerkt.

1. Stark reduzierend auf Nesslerisches Reagens und auch auf ammoniakalische Silbernitratlösung (aldehydähnlich).
2. Keine Rotfärbung mit dem Schiffischen Reagens (Abweichung von Aldehyd) und keine Reduktion von Fehling'scher Lösung.
3. Keine Blaufärbung mit salpetersaurer Lösung von Kaliumpermanganat (Abweichung von Aldehyd und Alkohol).

4. Keine Jodformreaktion (Abweichung von Aldehyd, Aceton und Alkohol).

Aus diesen Reaktionen geht schon zur Genüge hervor, daß der in diesem Destillat enthaltene Stoff sich weder mit Alkohol, Aldehyd, noch Aceton identifizieren läßt. Welcher Stoff vorliegt, ist noch nicht festgestellt worden.

Dasselbe Destillat wurde sowohl aus M-L- als auch aus Gl-L-Kultur von *Chlorella l.* erhalten. Daraus darf man wohl den Schluß ziehen, daß die Bildung dieses Stoffes nicht in besonders engem Zusammenhang mit der Glukosespaltung steht. Ich konnte den Stoff auch in der Gl-L-Kultur von *Chlorosphaera p.* finden. Wegen Mangels an Versuchsmaterial konnte ich das Vorkommen dieses Stoffes bei anderen Algen nicht beweisen.

Es fragt sich nun, ob der betreffende Stoff vielleicht einen Anteil am Weißwerden der Algen hat. Ich vermag den Einfluß dieses Stoffes auf die genannte Erscheinung nicht völlig auszuschließen. Die Entstehung dieses Stoffes in M-L widerspricht aber schon der Möglichkeit seiner verblassenden Wirkung, weil in diesem Falle keine Verblassung vorkommt.

Das Farbloswerden in unserer Gl-L läßt sich hinreichend daraus erklären, daß die Ameisensäure befreit wird. Die Ameisensäure in der Form von deren Salzen war ebenso in M-L, 0.5%-1%-, 2%- wie auch in 5% Gl-L entstanden. Sie wird aber nur in den drei letzteren Lösungen befreit und ruft dann das „Weißwerden“ hervor. Gegen meine Erwartung übertrifft die Menge der Formiaten in 0.5% Gl-L diejenige in 1%-, und 2%-Gl-L. In der ersteren Lösung wird die Ameisensäure aber nie befreit, und es tritt weder eine Vergilbung, noch ein Weißwerden ein. Was die Ursache der Befreiung von Ameisensäure ist, habe ich nicht entscheiden können. Vermutlich ist aber die Wirkung des mit

der spaltenden Glukosemenge parallelgehenden Gärprodukts dafür verantwortlich zu machen. Dabei sind freilich organische Säuren mit einer Affinitätsgröße als Ameisensäure (vergl. Ostwald, 1889) vorauszusetzen.

VIII. Giftwirkungen verschiedener freier Säuren.

Über die Giftwirkung der freien Säure auf die Pflanzen existieren schon mehrere vortreffliche Arbeiten. So z. B. die Arbeiten von Kahlenberg und True (1896), Heald (1896) und Clark (1899).

Was aber die Giftwirkung der Säuren auf die Algen anbetrifft, so findet man darüber keine ausführliche Arbeiten. Unter diesen sind die Arbeiten von Migula (1890), Bokorny (1897) und Zumstein (1900) hervorzuheben. Die von diesen Autoren hergestellten Säurelösungen waren aber prozentisch, und die Lösungsmittel derselben waren Leitungswasser oder Nährlösung. Die Azidität der von ihnen gebrauchten Säurelösungen war daher nicht ganz genau. Es muß auch noch bemerkt werden, daß die ihnen zur Verfügung stehenden Algen unrein, höchstens speziesrein waren. Die Untersuchungen dieser Autoren wurden auch nie weit auf die organischen Säuren ausgedehnt.

Teils um diese Lücke zu füllen, und teils um die Beziehungen zwischen dem Weißwerden und der Giftwirkung der Säuren festzustellen, unternahm ich die vorliegenden Untersuchungen.

Meine Untersuchungen wurden mit den Normallösungen der verschiedenen Säuren ausgeführt. Als Grundlösung dienten mir dabei $\frac{N}{1}$ -, $\frac{N}{5}$ -, oder $\frac{N}{10}$ -Lösung. Um die genaue Azidität zu erhalten, wurde die Normallösung immer mit destilliertem Wasser hergestellt und verdünnt. Die Kontrollkulturen wurden in destilliertem Wasser ausgeführt. Trotzdem blieben die Algen lange

Zeit hindurch, bisweilen sogar einen Monat lang frisch darin, und häufig konnte ich bei *Chlamydomonas k.* Zellteilung finden.

Jede Säurelösung wurde zu je 10 cm³ in Proberröhrchen von etwa 30 cm³ Inhalt gefüllt. Eine ziemlich große Menge der Algen, die frischen M-Agar-Kulturen entnommen wurden, wurde in die zu prüfende Säurelösung überimpft. Um eine Veränderung der Konzentration und eine Zerstörung der Säurelösung zu vermeiden, wurde die Säurelösung nie sterilisiert. Diese Behandlung scheint aber keinen Fehler verursacht zu haben, weil bei den Versuchen eine Entwicklung von Bakterien nie beobachtet wurde.

Die Versuche fanden immer an beschatteten Orten statt, um die Spaltung der Säure durch grelles Licht zu vermeiden.

Den Einfluß der Temperatur auf die Giftwirkung der Säuren habe ich nicht besonders berücksichtigt. Die Versuche wurden immer im Treibhaus bei etwa 20°C ausgeführt.

Nunmehr seien hier einige Bemerkungen über die Symptome der Abtötung angeführt. Betreffs der Desorganisationserscheinungen der Zellen verweise ich auf die Arbeit von Klemm (1895).

Nach meinen Untersuchungen zeigen die durch Säuren abgetöteten Algen eine Kontraktion und Granulation des Protoplasmas (vergl. Tafel II, Fig. 61). Das beste Kennzeichen ist aber die Farbenveränderung. Die abgestorbenen Algen werden zuerst gelbbraun und dann weiß. Als das Kriterium des Absterbens wurde daher hauptsächlich die Farbenänderung betrachtet. Nur bei den schwer erkennbaren Reaktionen wurden mikroskopische Untersuchungen des Zellinhaltes ausgeführt.

Stark konzentrierte Säurelösungen verursachen schon nach einigen Stunden, verdünnte aber erst nach 3-5 Tagen Desorganisationserscheinung.

Die folgenden Resultate basierten sich auf fünf tägige Ein-

wirkung der Säurelösung auf die Algen, weil bei den lange dauernden Versuchen sowohl ein Konzentrationswechsel, als auch eine Spaltung der Säurelösungen möglich ist. Die Versuchsprotokolle bei vorliegenden Untersuchungen sind ziemlich groß. Der Kürze halber lasse ich sie ganz weg und führe nur die Resultate an.

Kritische und tötliche Konzentrationen der verschiedenen
Säurelösungen bei den untersuchten Algen.
Die letzteren Konz. sind eingeklammert.

Versuchsdauer 5 Tage. Im Schatten. T=ca 20°C.

Säure.	<i>Chlorella l.</i>	<i>Stichococcus</i> <i>v.</i>	<i>Scenedesmus</i> <i>n.</i>	<i>Chlorosphae-</i> <i>ra p.</i>	<i>Chlamydo-</i> <i>monas k.</i>
Ameisen- säure	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{333} \right)$	$\frac{N}{2000} \left(\frac{N}{1000} \right)$	$\frac{N}{2000} \left(\frac{N}{1000} \right)$	$\frac{N}{2000} \left(\frac{N}{1000} \right)$	$\frac{N}{1000} \left(\frac{N}{500} \right)$
HCOO. K	frisch bei $\frac{N}{100}$	frisch bei $\frac{N}{100}$	frisch bei $\frac{N}{100}$	frisch bei $\frac{N}{100}$	frisch bei $\frac{N}{100}$
Essigsäure	$\frac{N}{50} \left(\frac{N}{25} \right)$	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{250} \right)$	$\frac{N}{125} \left(\frac{N}{100} \right)$	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{250} \right)$	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{250} \right)$
Buttersäure	$\frac{N}{100} \left(\frac{N}{50} \right)$	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{250} \right)$	$\frac{N}{250} \left(\frac{N}{100} \right)$	$\frac{N}{2000} \left(\frac{N}{1000} \right)$	$\frac{N}{2000} \left(\frac{N}{1000} \right)$
Oxalsäure	$\frac{N}{5} \left(\frac{N}{2.5} \right)$	$\frac{N}{100} \left(\frac{N}{50} \right)$	$\frac{N}{13} \left(\frac{N}{11} \right)$	$\frac{N}{11} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{800} \left(\frac{N}{400} \right)$
Milchsäure	$\frac{N}{8} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{25} \left(\frac{N}{10} \right)$	$\frac{N}{200} \left(\frac{N}{100} \right)$	$\frac{N}{8} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{25} \left(\frac{N}{10} \right)$
Weinsäure	frisch bei $\frac{N}{1}$	$\frac{N}{125} \left(\frac{N}{25} \right)$	$\frac{N}{125} \left(\frac{N}{25} \right)$	frisch bei $\frac{N}{1}$	$\frac{N}{625} \left(\frac{N}{125} \right)$
HCl	$\frac{N}{10} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{10} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{10} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$
HNO ₃	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{500} \left(\frac{N}{250} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{100} \left(\frac{N}{80} \right)$
$\frac{1}{2}$ H ₂ SO ₄	$\frac{N}{10} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{80} \left(\frac{N}{40} \right)$	$\frac{N}{10} \left(\frac{N}{5} \right)$	$\frac{N}{800} \left(\frac{N}{400} \right)$
H ₂ O (Kon- troll)	frisch.	frisch.	frisch	frisch.	frisch.

Die obige Tabelle läßt uns deutlich erkennen, daß die Giftwirkung der Ameisensäure von den untersuchten Säuren am größten ist. Bei *Stichococcus v.*, *Scenedesmus n.* und *Chlorosphaera p.* ist schon $\frac{N}{1000}$ -Lösung desselben (0.1 cm^3 der $\frac{N}{10}$ -Ameisensäure wurde mit H_2O auf 10 cm^3 gebracht) deutlich giftig. *Chlorella l.* ist gegen diese Säure am meisten widerstandsfähig. Bei $\frac{N}{333}$ -Lösung (0.3 cm^3 der $\frac{N}{10}$ Ameisensäure wurde mit H_2O auf 10 cm^3 gebracht) stirbt sie im Laufe von zwei Tagen nach der Überimpfung, bei $\frac{N}{500}$ (0.2 cm^3 $\frac{N}{10}$ der Ameisensäure wurde mit H_2O auf 10 cm^3 gebracht) bleibt sie aber ganz frisch.

Die gewonnenen tödlichen Konzentrationen der Ameisensäure sind daher ziemlich ähnlich, oft aber kleiner als die der bei weiß gewordenen Kulturen gefundenen freien Ameisensäure, was uns die Ursache des Weißwerdens verdeutlicht.

Verglichen mit der Giftwirkung der Ameisensäure ist diejenige der Weinsäure sehr unbedeutend. Bei *Chlorella l.* und *Chlorosphaera p.* war die normale Lösung noch nicht giftig. *Chlamydomonas k.* war aber dagegen ziemlich empfindlich, indem $\frac{N}{125}$ Lösung eine deutliche Giftwirkung ausübte.

Gegen meine Erwartung war die Giftwirkung der anorganischen Säuren verhältnismäßig schwach. *Chlorella l.* und *Chlorosphaera p.* blieben noch in $\frac{N}{10}$ HCl und H_2SO_4 ganz frisch.

Vergleichen wir die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Pflanzenobjekte gegen die freien Säuren mit einander, so sehen wir, daß die Widerstandsfähigkeit der Algen, wenigstens der untersuchten Algen, mehr mit derjenigen der Pilzsporen als mit derjenigen der Phanerogamen-Keimpflanzen übereinstimmt. Nach Clark (1899)

vermögen mehrere anorganische und organische Säuren in den Konzentrationen von $\frac{N}{3.3} - \frac{N}{102}$ die Pilzsporen abzutöten (S. 326), während nach Kahlenberg und True (1896, S. 92), und Heald (1896, S. 132) eine stark verdünnte Säurelösung wie $\frac{N}{3200}$ eine deutlich abtötende Wirkung auf die Keimlinge von Phanerogamen ausübt.

Nach Kahlenberg und True (l.c. S. 91) soll die Giftwirkung der anorganischen Säuren gänzlich auf der Wirkung der H-Ionen beruhen. Wie steht es damit bei unseren Algen?

Um dies zu entscheiden, versuchte ich die Giftwirkung von Ameisensaurem Kalium (HCOO.K) zu konstatieren. Das Resultat war aber ganz negativ. Hieraus darf man wohl den Schluß ziehen, daß HCOO-Ion keine Giftwirkung ausüben kann.

Es fragt sich nun, ob die Giftwirkung der Ameisensäure (HCOO.H) auf eine solche von den Molekülen der Säure, auf HCOO- oder auf H- Ionen zurückzuführen ist. Nach obigem muß aber die Wirkung von HCOO-Ion außer Acht gelassen werden. Es ist außerdem noch zu bemerken, daß die tödlichen Konzentrationen der verschiedenen Säuren selbst bei ein und derselben Alge stark von einander abweichen. Dies weist klar darauf hin, daß die Giftwirkung der untersuchten Säuren nicht auf diejenige von H-Ion zurückzuführen ist.

Aus diesem Grunde schreibe ich die Giftwirkung von Ameisensäure derjenigen der undissoziierten Moleküle dieser Säure zu.

Die Giftwirkung der anorganischen Säuren auf die untersuchten Algen ist auch auf diejenige der Moleküle der Säuren zurückzuführen, weil bei denselben die unschädliche Wirkung der Kationen von vornherein klar ist.

Die Giftwirkung von anderen organischen Säuren ist auch sehr wahrscheinlich auf die Wirkung von den Molekülen der

Säuren zurückzuführen. Ob die Kationen dieser Säuren giftig sind, ist noch nicht entschieden worden.

Die tödlichen Konzentrationen sind, wie man aus obiger Tabelle ersieht, oft ziemlich groß. Jedoch darf man keineswegs von einer Abtötung durch osmotischen Druck sprechen. Man erinnere sich hier an die Grenzkonzentrationen der Glukose im V Abschnitt. Vergleichen wir den osmotischen Druck bei den tödlichen Konzentrationen der Säurelösungen mit dem bei den Grenzkonzentrationen der Glukose, so sehen wir sofort, daß derselbe bei den letzteren immer größer ist als bei den ersteren.

Es erübrigt sich noch ein Wort über die Giftwirkung von ameisensauren Salzen bei den untersuchten Algen bei langdauernder Kultur hinzufügen. In dieser Beziehung stimmt meine Ansicht mit derjenigen von K. Aso (1906 S. 24) überein. Dieser Autor hat sich bei diesbezüglichen Untersuchungen mit *Spirogyra* und Phanerogamen dahin geäußert, daß die Formiate in Pflanzenkörpern durch hydrolytische Dissoziation freie Säure bilden und die Pflanzen abtöten. Bei kurz dauernden Versuchen soll das aber anders sein.

IX. Erklärung der Entfärbungserscheinung.

Auf Grund der bisher gewonnenen Resultate gebe ich in den folgenden Zeilen meine Ansicht für die Ursachen des Entfärbungsvorganges.

Nach meinen Untersuchungen muß die Entfärbungserscheinung wie schon erwähnt, in zwei Erscheinungen geteilt werden:

- 1). Vergilbung.
- 2). Weißwerden.

Nunmehr will ich im einzelnen auf diese Erscheinungen ein-

gehen, und dann die Entfärbungserscheinung der untersuchten Algen mit derjenigen von anderen Algen und Phanerogamen vergleichen.

1). Vergilbungserscheinung.

Zunächst soll die Vergilbungserscheinung im Licht besprochen werden.

Die Hauptursache dieser Erscheinung ist, wie schon erwähnt, die üppige Ernährung durch assimilierbare C-Verbindungen. Es entsteht die Frage, was für eine Rolle die C-Verbindungen dabei spielen.

Nach vieler darauf verwendeter Mühe kam ich zum Schluß, daß die Vergilbung eine besondere durch reiche Ernährung mit Kohlenstoff veranlaßte Lebenserscheinung ist. Das Wesen der Vergilbung muß immer auf einer inneren Ursache beruhen. C-Verbindungen verhalten sich bei der Vergilbung ähnlich wie ein allgemeiner Reiz. Daher steht die Vergilbung mit dem Saprophytismus im Zusammenhange. Um dies zu beweisen, hebe ich besonders die folgenden Tatsachen hervor.

1. Die Vergilbung steht keineswegs mit irgend einer oxydierbaren Substanz im Zusammenhang, weil die vergilbten Algen lange Zeit hindurch, ohne „Weißwerden“, ihre gelbgrüne Farbe behalten. Wenn man es bei der Vergilbung mit einer reduzierenden Wirkung zu tun hat, so müßte man erwarten, daß das Weißwerden rasch nach der Vergilbung erfolgt. Das ist aber nicht der Fall. Die Reduktion des Farbstoffs wird gewöhnlich von einer absterbenden Erscheinung begleitet. Vergilbte Algen sind aber lebensfähig und ergünen durch den bloßen Zusatz einer N-Verbindung.
2. Daß die vergilbten Algen noch leben, weist uns klar

darauf hin, daß die Vergilbung nie im Zusammenhange mit schädlichen Stoffen, wie z. B. freien Säuren und oxydierbaren Stoffen, steht.

Man kann der Vergilbung eine ökologische Bedeutung beilegen. Bei den Algen wird das entbehrliche Chlorophyll zerstört, und der daraus freigewordene Stickstoff wird verbraucht. Da die Vergilbung ziemlich parallel mit dem N-Mangel geht, so muß eine N-Zugabe, wenn auch geringfügig, für die Algen vorteilhaft sein.

Die Beziehung zwischen N-Mangel und Vergilbung ist sehr innig; doch kann der erstere nie die Hauptursache der Vergilbung sein, weil die Kulturen, bei denen es an Stickstoff mangelt, oft keine Vergilbung zeigen. Erst bei saprophytischer Lebensweise ist der N-Mangel auf die Vergilbung wirkungsfähig; doch kann der N-Mangel allein keine Vergilbung verursachen.

Reiche Ernährung mit Stickstoff hemmt die Vergilbung bei den Algen, die betreffs Kohlenstoffernährung deutlich saprophytisch sind.

Aus obigem geht also deutlich hervor, daß der Stickstoff nur als eine die Vergilbung hemmende Bedingung anzusehen ist (vergl. auch D. 3). Jedenfalls ist es sicher, daß der N-Mangel nie eine Hauptursache der Vergilbung ist.

Als dritte Bedingung der Vergilbung rechne ich den Einfluß der Lichtintensität auf die Algen. Wir haben schon hervorgehoben, daß die Vergilbung früher an der Lichtseite der Glukoseagarkulturen als an der Schattenseite auftritt. Unter starker Bestrahlung tritt ein grüner Farbenton mit einem Stich ins Gelbe sogar in Mineralsalzlösungskultur auf. Indessen findet die Vergilbungserscheinung weder in Mineralsalzlösung noch in 0.5% Gl-L statt. Erst in 1% Gl-L tritt diese Erscheinung ein.

Als vierte Bedingung der Vergilbung ist die Luft hervorzuheben.

Diese Bedingung ist besonders bei der Vergilbung von *Scenedesmus n.* zu nennen. Sie vergilbt früher bei Glukoseagarstrichkultur; bei Glukosestichkultur vergilbt sie aber erst im Laufe einiger Monate nach der Überimpfung.

Auch bei *Chlorella l.*, *Chlorophaera p.* und *Stichococcus v.* erscheint eine Abweichung der Vergilbungszeit zwischen Strich- und Stichkultur. Dabei existiert aber keine allgemein gültige Regel. So tritt die Vergilbung bei der Strichkultur bald früher, bald später als bei der Stichkultur auf. Bemerkenswert ist aber, daß die Vergilbung nicht bei Galaktose- und Maltoseagarstrichkultur auftritt, während dieselbe bei der betreffenden Stichkultur möglich ist.

Jedenfalls ist es sicher, daß die Algen früher oder später je nach der vorhandenen Sauerstoffmenge saprophytisch werden und vergilben.

Schließlich sei bemerkt, daß die optimale Temperatur die Vergilbung zu beschleunigen imstande ist. Die Wirkung dieser Bedingung ist aber sehr wahrscheinlich indirekt, d. i., die optimale Temperatur begünstigt die Algenentwicklung und befördert mittelbar die Vergilbung.

Fassen wir die Ursachen der Vergilbungserscheinung im Lichte zusammen, so gibt es deren fünf:

- erstens, Saprophytismus
- zweitens, N-Mangel
- drittens, Lichtintensität
- viertens, Sauerstoffmenge
- fünftens, Temperaturverhältnis.

Unter diesen fünf Bedingungen möchte ich die beiden ersten, abgesehen von der Vergilbung bei Glukoseagarstrichkultur von *Scenedesmus n.*, wo die Luft bei Gegenwart reichlicher C-Quellen eine giftige Wirkung ausübt, und eine rasche Vergilbung und darauf folgendes Weißwerden hervorruft, hervorheben.

Bei *Chlamydomonas l.* konnte ich, soweit 1%-C-Verbindung und 2% Glukose in Betracht kommen, keine Vergilbung beobachten. Hierbei liegt also eine Spezifität der Alge vor.

Was nun den Einfluß der Dunkelheit auf die Vergilbung betrifft, so möchte ich hervorheben, daß die mehr oder weniger deutliche Chlorophyllbildung im Dunkeln sowohl bei M-Agar, als auch bei Gl-Agar zu Tage tritt. Bei M-Agar ist der Belag immer grün, bei Gl-Agar aber bisweilen sogar schon im Anfang seiner Entstehung gelbgrün. Im Dunkeln ist das Wachstum immer retardiert. Die Retardierung der Chlorophyllbildung sieht man aber nicht bei M-Agar, sondern nur bei Gl-Agar und Gl-L.

2. Weißwerden.

Diese Erscheinung ist eine Fortsetzung der Vergilbungserscheinung. Der Übergang von der einen Erscheinung in die andere ist nicht sicher festzustellen. Das entscheidende Erkennungsmerkmal ist aber, daß das Weißwerden eine Absterbeerscheinung ist, während die Vergilbung eine besondere Art der Lebenserscheinung ist.

Es fragt sich nun, ob saprophytisches Leben und N-Mangel allein eine Alge zum Weißwerden bringen können. Dies trifft bei *Euglena gracilis* (vergl. Zumstein l.c.) ohne Zweifel zu. Der Fall lag aber anders bei unseren Algen. Das Weißwerden bei unseren untersuchten Algen kam nur dann zustande, wenn in der Nährlösung freie Ameisensäure gebildet wurde. Die Konzentration der durch die Algen ausgeschiedenen Ameisensäure war der tödlichen Konzentration dieser Säure sehr ähnlich. Somit ist das Weißwerden unserer Algen auf die Giftwirkung der Ameisensäure zurückzuführen.

Was für einen Anteil bei der Verblässungserscheinung eine oxydierbare Substanz nimmt, bleibt noch zu untersuchen.

Die Ameisensäuremenge in der Form von Salzen ist größer bei 0.5% Gl-L, als bei 1%- und 2% Gl-L. Es ist noch nicht entschieden, warum die freie Säure nur von den beiden letzten Lösungen gebildet wird. Doch liegt es nahe, die Befreiung der Ameisensäure einer Wirkung einer anderen mit größerer Affinitätsgröße begabten Säure zuzuschreiben.

Das vielfach von früheren Autoren geschilderte Weißwerden der Algen ist daher, teils als eine ökologische Erscheinung (z. B. *Euglena gracilis* u. a.), teils aber als eine Desorganisationsercheinung zu betrachten.

Das Weißwerden tritt in Glukosenährlösung, welcher Stickstoff in Form von anorganischen Ammoniumverbindungen zugegeben ist, rasch auf. Nach Messung der Azidität halte ich es für berechtigt anzunehmen, daß dabei irgend eine anorganische Säure frei wird. Wenn das richtig ist, so sollte man glauben, daß diese freie Säure die Formiate angreift und freie Ameisensäure bildet. Da die anorganischen Säuren in der gefundenen Azidität keine Giftwirkung ausüben können, muß ich die Wirkung der anorganischen Säuren für indirekt und diejenige der Ameisensäure für direkt halten.

3. Vergleichende Betrachtungen über die Entfärbung der Chlorophyceen und anderer Pflanzenklassen.

Nachdem wir festgestellt haben, wie die Entfärbung unserer Chlorophyceen vor sich geht, wenden wir uns jetzt den Erörterungen über die Entfärbung bei den anderen Pflanzengruppen zu.

Nach den Angaben von Berthold, Oltmanns, Nadson, und Schindler wissen wir daß die Entfärbung bei Rhodophyceen und Cyanophyceen zum Teil auf der starken Lichtintensität beruht.

In neuerer Zeit haben Schindler und Boresch hervorge-

hoben, daß die Entfärbung der Cyanophyceen auch stark von dem N-Mangel abhängig ist.

Die Theorie der chromatischen Adaptation von Gaidukov ist heute nicht mehr stichhaltig.

Über die Beziehungen zwischen der Entfärbung der roten Algen und dem N-Gehalt der Nährmedien können wir keine nennenswerte Angabe finden. Meine eigenen Versuche über *Porphyra tenera*¹⁾ konnten aber dieses Verhalten feststellen. Dabei wurde das künstliche Meerwasser nach Herbst (1897) hergestellt. Als N-Quelle dienten mir nur Nitrate und Ammoniumverbindungen und zwar in verschiedenen Konzentrationen. Bei Zusatz von 0.01% NaNO₃ war die Farbstoffbildung der normalen ähnlich. Die ohne Zusatz etwaiger N-Verbindung erzielte Kontrollkultur zeigte aber gelbrote Farben. Zweite Versuche²⁾ wurden dann mit dem Meerwasser nach Noll (1892) ausgeführt. Dabei wurde die Nährlösung durch Zusatz von verschiedenen Stoffen zum natürlichen Meerwasser hergestellt. Ohne Zusatz von Nitrat war die Alge gelbbraun, bei Gegenwart dieses Stoffes war sie aber schwarzpurpur.

Über den Einfluß reicher organischer Ernährung auf die Entfärbung der Rhodophyceen und Cyanophyceen haben wir noch keine sicheren Anhaltspunkte.

Das Farbloswerden der Diatomeen, das zuerst von Miquel (1892) in Zuckermedien beobachtet wurde, wurde durch die späteren Versuche von O. Richter ('06) mit der Reinkultur nicht bestätigt.

Zum Schluß sollen die farblosen saprophytischen und parasitischen Phanerogamen einer Betrachtung unterworfen werden.

1) H. Nakano und M. Higashi. Versuche über die Ernährung von *Porphyra tenera*. Mitteilungen der Kaiserlichen Versuchsanstalt für Fischerei zu Tokyo. Bd. IX. Nr. 4. 1913. (Japanisch).

2) Ditto, Bd. 12, Nr. 5. 1916.

Seit langer Zeit herrschte die Vermutung, daß die Verblässung dieser Pflanzen auf einer heterotrophen Lebensweise beruht, doch fehlte es noch an experimentellen Untersuchungen.

Meine eigenen Untersuchungen weisen deutlich darauf hin, daß eine Chlorophylllosigkeit von einer heterotrophen Lebensweise abgeleitet werden kann.

Unsere Algen sind mit schönem Chlorophyll und damit mit autotropher Ernährung versehen. Sie bedürfen jedoch für ihr Gedeihen immer einer mehr oder weniger reichlichen organischen Ernährung. Daher ist man wohl berechtigt, sie als „Halbsaprophyten“ zu bezeichnen. Nach E. Pringsheim (1913 a, b, l.c.) ist dies auch der Fall bei *Euglena gracilis* und bei Cyanophyceen. Es ist sehr beachtenswert, daß die beiden letztgenannten Algen auch mit autotropher Lebensweise begabt sind.

Obligate Saprophyten, wie Pilze, Bakterien und saprophytische Phanerogamen (*Monotropa* u. a.), besitzen das Chlorophyll nicht mehr. Es wäre aber möglich, daß diese obligaten Saprophyten von Halbsaprophyten abstammen. Die Untersuchungen von Heinricher (1899) über die Halbschmarotzer geben dafür einen schönen Anhaltspunkt. Nach diesem Autor bildet *Tozzia* ein verknüpfendes Bindeglied zur ganz parasitischen *Lathrea*. *Tozzia* lebt als farbloser Organismus mehrere Jahre hindurch unterirdisch; ihre oberirdischen Triebe sind aber grün. *Lathrea* ist dagegen unter keinen Umständen mehr mit einem Chlorophyll versehen. Für die obige Vermutung spricht auch *Cuscuta* deutlich, weil diese nur noch ein geringfügiges Chlorophyll besitzt.

Jedenfalls liegt die Vermutung nahe, daß die farblosen Schmarotzer von grünen Vorfahren abstammen.

X. Zusammenfassung der Hauptresultate.

1. Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit Reinkulturen von drei neuen physiologischen Rassen und zwei neuen morphologischen Arten der Chlorophyceen ausgeführt. Nach den morphologischen und physiologischen Merkmalen möchte ich die folgenden Namen vorschlagen :

Chlorella vulgaris Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis*, var. nov.

Scenedesmus obliquus Kütz. var. *non-liquefaciens*, var. nov.

Chlorosphaera putrida, sp. nov.

Chlamydomonas koishikavensis, sp. nov.

Bei der Benennung der Algen lasse ich als Varietät eine durch Kulturmerkmale unterscheidbare Rasse und als Spezies eine durch morphologische Merkmale charakterisierbare Alge gelten.

2. Die winterliche Wachstumsverlangsamung unserer Algen hing völlig von der niedrigen Temperatur, nicht aber von dem eigentlichen Ruhen ab. Es gelang mir auch eine durch eine Nährbedingung verursachte Ruhe zu finden. Es scheint mir daher, daß die Ruhe der Algen durch verschiedene Bedingungen hervorgerufen zu werden vermag. Dieses Resultat schließt sich an dasjenige von Klebs betreffs der Ruhe der Bäume.

3. Die früheren Angaben über die Zoosporen- und Gametenbildung begründeten sich vorwiegend auf unreine, oder nur spezies-reine Kulturen. Meine eigenen diesbezüglichen Untersuchungen wurden nicht weit ausgedehnt. Die gewonnenen Resultate stimmten im großen und ganzen mit denen von Klebs überein.

4. Je nach der Zusammensetzung der Nährlösung wird bald die eine, bald die andere Reaktion einer Nährlösung von den Algen bevorzugt. Es ist daher schwer, ein konstant bevorzugt bleibende

Reaktion bei irgend einer Alge zu bestimmen. Immerhin konnte ich bei *Chlamydomonas koishikavensis* die Bevorzugung einer sauren Reaktion mit KH_2PO_4 feststellen.

5. Bekannt ist die anaërobe Entwicklung von *Scenedesmus n.* bei Gl-Agar. Nach eigenen Untersuchungen ist unsere Varietät dabei fakultativ anaërob. Da aber die Entwicklung der Alge ebensogut im sauerstofffreien Medium wie in der Luft retardiert, so scheint es mir berechtigt, sie bei Gl-Agar als eine Mikroaërophilie zu bezeichnen.

6. Der Nährwert des Peptons bei *Chlorella vulgaris* var. *lutescens* ist je nach den Nährmedien variabel. So ist dieser Stoff in Artarischer Nährlösung eine schlechte N-Quelle, während er in Detmers Nährlösung, besonders bei längerer Kultur, eine bevorzugte N-Quelle ist.

7. Unsere Algen lassen sich je nach den verschiedenen Grenzkonzentrationen der Glukose in drei Gruppen einteilen.

Polytrophophil, z. B. *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*,
var. nov.

Stichococcus bacillaris Näg. var.
viridis, var. nov.

Mesotrophophil, z. B. *Chlorosphaera putrida*, sp. nov.

Chlamydomonas koishikavensis, sp. nov.

Oligotrophophil, z. B. *Scenedesmus obliquus* Kütz. var. *non-liquefaciens*, var. nov.

8. Es ist a priori wünschenswert, die Leitalgen für die Wasserbeurteilung experimentell zu bestimmen. Auf Grund der bevorzugten N-Verbindungen habe ich unsere Algen als Leiterorganismen für die Wasserbeurteilung klassifiziert. Die Resultate waren ähnlich wie die von Kolkwitz, mit einigen geringen Abweichungen. Nach meinen eigenen Untersuchungen sind :

β -mesosaprob, *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*, var. nov.

Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis*, var. nov.

Scenedesmus obliquus Kütz. var. *non-liquefaciens*, var. nov.

Chlorosphaera putrida, sp. nov.

α -mesosaprob, *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov.

9. Aus dem Erdboden des Botanischen Gartens in Koishikawa wurde eine Art von *Azotobacter* isoliert. Nach stattgefundenen Untersuchungen wurde es aber mit *Azotobacter chroococcum* var. A₁ Jones identifiziert. Im Anschluß zum Resultat von Jones konnte ich auch die Gegenwart von Nitrat in den Bakterienzellen desselben nachweisen.

10. Alle unsere Algen sind imstande sich auf Kosten der durch Autolyse von *Azotobacter* frei werdenden Stickstoffverbindungen zu entwickeln. Das mit Algen gemischt kultivierte *Azotobacter* bindet eine größere Stickstoffmenge als das reine *Azotobacter*.

Es existiert daher ohne Zweifel zwischen den beiden Organismen eine symbiotische Beziehung. Das muß auch im Freien der Fall sein.

Ob aber das von Algen beherbergte *Azotobacter* den ganzen N-Bedarf der Algen decken kann, lasse ich dahingestellt. Nach meiner Meinung muß in dieser Beziehung die Wirkung von *Azotobacter* der Wirkung der im Meerwasser gelöst vorhandenen N-Verbindungen nachstehen.

Immerhin ist es a priori wahrscheinlich, daß *Azotobacter*, wie Reinke betont, einen großen Vorrat von Stickstoff im Haushalt der Natur darstellt.

11. Die Vergilbungserscheinung kommt durch die starke Verminderung des Chlorophylls und durch das Zurückbleiben des

gelben Farbstoffes zustande. Die vergilbten Zellen sind mit reichlichem Fett oder mit Amylodextrinkörnern oder mit beiden versehen.

12. Die Vergilbungerscheinungen im Lichte werden durch die folgenden Faktoren beschleunigt.

- a. Reichliche Ernährung mit assimilierbaren Kohlenstoff-Quellen.
- b. N-Mangel.
- c. Starke Lichtintensität und rote Strahlen.
- d. Optimale Temperatur.
- e. Bald Anwesenheit, bald Abwesenheit der Luft.

13. Als Bedingungen für das Wiederergrünen der vergilbten Algen sind die folgenden Faktoren hervorzuheben.

- a. Neuer Zusatz von N-Verbindungen; Nitrat, anorganische Ammoniumsalze, Harnstoff und Glykokoll sind besonders geeignet, höhere Aminosäuren und Pepton sind ungeeignet.
- b. Mäßige Lichtintensität und blaue Strahlen begünstigen das Ergrünen. Auch im Dunkeln ergrünen die vergilbten Algen.
- c. Optimale Temperatur beschleunigt das Ergrünen.
- d. Fast völlig O_2 -freies Medium ist für das Ergrünen ungeeignet. Erst bei 50 mm Luftdruck konnte ich langsames Ergrünen wahrnehmen.

14. Als die Hauptursache der Vergilbungerscheinung im Licht ist der Saprophytismus hervorzuheben. Es wäre verkehrt, dem N-Mangel die Hauptrolle der Vergilbung zuzuschreiben, obgleich er ohne Zweifel bei der Vergilbung eine große Rolle spielt.

Als Ursachen zweiten Ranges sind die Einflüsse von Licht, Luft und Temperatur anzusehen.

Bei der Vergilbung und bei dem Weißwerden von *Scenedesmus n.* bei der Glukoseagarstrichkultur spielt die Wirkung der Luft eine große Rolle. In anderen Fällen gehört aber der Einfluß der Luft zu den Nebenursachen.

15. Das Weißwerden bei Glukosenährmedien ist eine Folge der Bildung freier Ameisensäure. Das entscheidende Erkennungsmerkmal zwischen „Weißwerden“ und „Vergilbung“ ist, daß die erstere eine Absterbeerscheinung und die letztere noch eine Lebenserscheinung ist.

Ameisensäure in der Form von Formiaten kommt sowohl in 0.5%-Gl-L, als auch in 1%- und 2% Gl-L vor. Jedoch wird sie nur in den beiden letzteren Lösungen befreit. Diese Befreiung ist höchstwahrscheinlich auf eine als Gärprodukt entstehende Säure zurückzuführen, die eine größere Affinitätsgröße als Ameisensäure besitzt.

Wenn die N-Quelle in Form von anorganischen Ammoniumsalzen zugesetzt wird, so geht das Braun- oder Weißwerden früher vor sich. Nach Bestimmung der Azidität wurde festgestellt, daß dabei eine anorganische freie Säure entsteht. Da aber die anorganische Säure in der gefundenen Azidität keine Giftwirkung auf die Algen ausübt, so kann man mit Recht annehmen, daß die Ameisensäure durch die Affinität der anorganischen Säure aus den Formiaten befreit wurde, weil sonst die Giftwirkung der Ameisensäure sehr bedeutend ist.

16. Jede 10 cm³ der Nährlösung, in der die Algen weiß wurden, zeigten eine Azidität von $0.3 \text{ cm}^3 \frac{N}{10} \text{ NaOH}$. Nach den Untersuchungen der Giftwirkung der verschiedenen Säuren wurde festgestellt, daß die Ameisensäure unter den untersuchten Säuren am giftigsten ist. So war $\frac{N}{333}$ Lösung der Ameisensäure ($0.3 \text{ cm}^3 \frac{N}{10}$ Ameisensäure in 10 cm³ Säurelösung) ausreichend eine am meisten

widerstandsfähige Alge abzutöten. Die schwächeren Algen gehen schon bei geringeren Konzentrationen dieser Säure zu Grunde. Danach ist die experimentell bestimmte giftige Konzentration der Ameisensäure ähnlich wie oder kleiner als diejenige der bei der vergilbten Kultur gefundenen freien Ameisensäure, womit die Ursache des Weißwerdens festgestellt wurde.

Daß die ganze in der Nährlösung gebildete freie Säure aus Ameisensäure besteht, wird zunächst auf chemischem Wege erkannt, weil die isolierte Ameisensäuremenge der Menge der freien Säure beinahe gleich ist. Für die Richtigkeit dieser Vermutung spricht auch, daß die experimentell konstatierte schädliche Konzentration der Ameisensäure der Azidität der in der Nährlösung gefundenen freien Säure sehr nahe kommt.

17. Die Giftwirkungen der anorganischen und organischen freien Säuren wurden mit ihren Normallösungen untersucht. Als Resultat ergab sich, daß die Giftwirkung durch die undissoziierten Moleküle der Säuren bewirkt wird.

18. Der Vergilbungserscheinung muß man eine ökologische Bedeutung beimessen. Bei reicher Ernährung mit C-Quellen hört die entbehrliche Chlorophyllbildung der Algen auf, und der infolge der Zerstörung des Chlorophylls frei gewordene Stickstoff kann zu irgend einer anderen Funktion dienen.

Die Erscheinung des „Weißwerdens“ in unseren Algen ist eine chemische Desorganisationerscheinung. Das vielfach von früheren Autoren berichtete Weißwerden der Algen ist ohne Zweifel teils hierauf, teils aber auf eine ökologischen Lebenserscheinung zurückzuführen. Das Farbloswerden von *Euglena gracilis* im Lichte ist zweifellos mit dieser ökologischen Lebenserscheinung zu erklären. Wir sehen also, daß das Weißwerden der Algen oft als eine der Vergilbungserscheinung bei unseren Algen entsprechende Erscheinung

auftreten kann. Bei den heterotrophen Phanerogamen können wir auch diese beiden Entfärbungsvorgänge finden. So ist *Monotropa* völlig weiß, während *Cuscuta* gelb oder gelbgrün und noch mit dem Chlorophyll versehen ist. Daraus kann man schließen, daß sich die Pflanzen je nach den verschiedenen Graden des Farbstoffgehaltes einer heterotrophen Lebensweise anpassen können.

Botanisches Institut d. Kaiserlichen Universität, Tokyo.

März, 1916.

XI. Literaturverzeichnis.

- '09 Andreesen, A. Beiträge zur Kenntnis der Physiologie der Desmidiaceen. Flora, S. 373.
- '01 Artari, A. Zur Ernährungsphysiologie der grünen Algen. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XIX, S. 7.
- '02 a Artari, A. Zur Frage der physiologischen Rassen einiger grüner Algen. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XX, S. 172.
- '02 b Artari, A. Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XX, S. 201.
- '04 Artari, A. Der Einfluß der Konzentration der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen I. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 40, S. 593.
- '06 Artari, A. Der Einfluß der Konzentration der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen II. Ebenda, Bd. 43, S. 177.
- '09 Artari, A. Der Einfluß der Konzentration der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen III. Ebenda, Bd. 46, S. 443.
- '13 Artari, A. Zur Physiologie der Chlamydomonaden. (*Chlamydomonas Ehrenbergii*) I. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 52, S. 410.
- '14 Artari, A. Zur Physiologie der Chlamydomonaden. (*Chlamydomonas Ehrenbergii*) II. Ebenda, Bd. 53, S. 527.
- '13 Asaina, Y. Über die Oxydation und Reduktion der Chlorophyllderivate. Journal of the Tokyo Chemical Society, Vol. 34, No. 2. (Japanisch)
- '06 Aso, K. Injurious action of acetates and formates on plants. The Bulletin of the Coll. of Agriculture, Tokyo, Vol. 7, p. 13.
- '90 Beijerinck, M. W. Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenogonidien und anderen niederen Algen. Bot. Zg., Bd. 48, S. 705, 742, 758, 781.
- '93 Beijerinck, M. W. Berichte über meine Kulturen niederer Algen auf Nährgelatine. Zbl. f. B. u. P., Abt. I, Bd. XIII, S. 368.
- '98 Beijerinck, M. W. Notiz über *Pleurococcus vulgaris*. Zbl. f. B. und P., Abt. II, Bd. IV, S. 785.
- '00 Beijerinck, M. W. Les Organismes anaérobies obligatoires ont-ils besoin d'oxygène libre? Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. VI, S. 341.

- '01 Beijerinck, M. W. Über die oligonitrophile Mikroben. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 7, S. 561.
- '02 Beijerinck und Delden. Über die Assimilation des freien Stickstoffes durch Bakterien. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. IX, S. 3.
- '98 Benecke, W. Über Kulturbedingungen einiger Algen. Bot. Zg., Bd. 56, S. 83.
- '03 Benecke und Keutner. Über stickstoffbindende Bakterien aus dem Ostsee. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XXI, S. 333.
- '07 Benecke. Über stickstoffbindende Bakterien aus dem Golf von Neapel. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 25, S. 1.
- '82 Bergmann, E. Untersuchungen über das Vorkommen der Ameisensäure und Essigsäure in den Pflanzen und über die physiologische Bedeutung desselben im Stoffwechsel. Bot. Zg., Bd. 40, S. 731.
- '82 Berthold, G. Verteilung der Algen im Golf von Neapel. Mitt. d. zool. Station (zitiert nach Oltmanns (1905)).
- '97 Bokorny, Th. Über die organische Ernährung grüner Pflanzen und ihre Bedeutung in der Natur. Biol. Zbl., Bd. 17, S. 1, 33.
- '11 Bokorny, Th. Ernährung von grünen Pflanzen mit Formaldehyd und formaldehydabspaltenden Substanzen. Biochem. Ztschr., XXXVI, S. 83.
- '13 Boresch, K. Die Färbung von Cyanophyceen und Chlorophyceen in ihrer Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt des Substrates. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 52, S. 145.
- '82 Borodin, J. Über Chlorophyllkristalle. Bot. Zg., Bd. 40, S. 608.
- '97 Bouilliac, R. Sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'association des algues et les bacteries. Compt. rend. de l'Ac. des Sc., Paris, t. 123, p. 818.
- '13 Brand, F. Berichtungen bezüglich der Algengruppen *Stichococcus Nägeli* und *Hormidium Kütz.* Ber. d. d. bot. Ges., S. 64.
- '99 Brandt, K. Über den Stoffwechsel im Meere. I. Wiss. Meeresuntersuch. Kiel.
- '02 Brandt, K. Über den Stoffwechsel im Meere. II. Wiss. Meeresuntersuch. Kiel.

- '04 Brandt, K. Über die Bedeutung der Stickstoffverbindungen für die Produktion im Meere. Beih. z. bot. Zbl., Bd. XVI, S. 383.
- '08 Bredemann. Regeneration der Fähigkeit zur Assimilation vom freien Stickstoff des *Bacillus amylobacter* &c. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 26, S. 362.
- '94 Bruns, E. Über die Inhaltskörper der Meeresalgen. Flora, Bd. 79, S. 159.
- '13 Brunthaler, J. Systematische Übersicht über die Chlorophyceen-Gattung *Scenedesmus* Mey. Hedwigia, Bd. 53, S. 164.
- '00 Burton und Livingston. On the nature of the stimulus, which causes the change of form in polymorphic green algae. Bot. Gaz., Vol. 30, p. 289.
- '93 Chodat et Malinesco. Sur le polymorphisme du *Scenedesmus acutus* Meyen. Bull. herb. Boiss., Bd. 1, p. 184.
- '97 Chodat et Goldflus. Note sur la culture des cyanophycées et sur le développement d'oscillatoriées coccogènes. Bull. herb. Boiss. Bd. V. p. 953.
- '98 Chodat, R. Études de biologie lacustre. Ebenda., p. 289.
- '00 Chodat et Grintzesco. Sur les Methodes de culture pure des algues vertes.
- '02 Chodat, R. Algues vertes de la Suisse.
- '09 Chodat, R. Étude critique et experimentale sur le polymorphisme des algues.
- '13 Chodat, R. Monographie d'algues en culture pure.
- '99 Clark, J. F. On the toxic effect of deleterious agents on the germination and development of certain filamentous fungi. Bot. Gaz., Vol. 28, p. 289, 378.
- '75 Cohn, F. Über den Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. Cohns Beiträge zur Biol. d. Pflanzen, Bd. 1, S. 109, 110.
- '92 Correns, C. Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von den Gegenwart freien Sauerstoffs. Flora, Bd. 50, S. 87.
- '89 De Toni. Sylloge algarum, I.
- '96 Dill, O. Die Gattung *Chlamydomonas* und ihre nächsten Verwandten. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 28, S. 323.
- '03 Ernst, A. Siphoneenstudien I. *Dichotomosiphon tuberosus* Ernst. Beih. z. bot. Zbl. Bd. XIII, S. 115.
- '04 a. Ernst, A. Siphoneenstudien II. Beiträge zur Kenntnis der Codiaceen. Ebenda, Bd. XIV, S. 199.

- '04 b Ernst, A. Zur Kenntnis des Zellinhalts von *Derbesia*. Flora, Bd. 93, S. 514.
- '89 Frank, A. B. Über den experimentellen Nachweis der Assimilation freien Stickstoffes durch erdbewohnende Algen. Ber. d. d. bot. Ges. S. 34.
- '04 Frank, Th. Kultur und chemische Reizerscheinungen der *Chlamydomonas tingens*. Bot. Zg. Bd. 62, S. 153.
- '03 Freudenreich, Ed. Über stickstoffbindende Bakterien. Zbl. f. B. u. P. Abt. II, Bd. X, S. 514.
- '03 Gaidukov, N. Weitere Untersuchungen über den Einfluß farbigen Lichtes auf die Färbung der Oscillarien. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 21, S. 484.
- '04 Gaidukov, N. Zur Farbenanalyse der Algen. Ebenda, Bd. 22, S. 23.
- '10 Gebbing, J. Über den Gehalt des Meeres an Stickstoffnährsalzen. Intern. Revue d. gesamt. Hydrob. u. Hydrog., Bd. III, S. 50.
- '02 a Gerlach und Vogel. Stickstoffsammelnde Bakterien. I. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 8, S. 669.
- '02 b Gerlach und Vogel. Stickstoffsammelnde Bakterien. II. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 9, S. 817, 881.
- '03 Gerlach und Vogel. Stickstoffsammelnde Bakterien. III. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 10, S. 633.
- '90, '91 Goroschankin. Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden.
- '02 Gran, H. Studien über Meeresbakterien II; über die Hydrolyse des Agar-Agars durch eine neue Enzym, die Gelose. Bergens Museums Aarbog.
- '02 Grintzesco, J. Recherches experimentales sur la *Scenedesmus acutus* Meyen. Bull. herb. Boiss. Bd. 2, p. 219.
- '03 Grintzesco, J. Recherches experimentales sur la morphologie et physiologie de *Chlorella vulgaris*. Rev. gén. d. bot., Bd. XV, p. 1.
- '10 Hans und E. Pringsheim. Über die Verwendung von Agar-Agar als Energiequelle zur Assimilation des Luftstickstoffes. Zbl. f. B. u. P. Abt. II, Bd. 26, S. 227.
- '85 Hansgirg, A. Über den Polymorphismus der Algen. Bot. Zbl. Bd. 22, S. 246, 277, 308, 343, 373, 385.
- '86-88 Hansgirg, A. Prodrömus der Algenflora von Böhmen.

- '96 Heald, F. D. On the toxic effect of dilute solutions of acids and salts upon plants. Bot. Gaz., Vol. 22, p. 125.
- '97 Heinricher, E. Die grünen Halbschmarotzer. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 31, 32, 36, 37, 46, 47.
- '99 Heinricher, E. Zur Entwicklungsgeschichte einiger grüner Halbschmarotzer. Ber. d. d. bot. Ges., S. (244).
- '06 Heinze, B. Einige Beiträge zur mikrobiologischen Bodenkunde. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 16, S. 640, 703.
- '97 Herbst, E. Über die zur Entwicklung der Sciecellarven notwendigen anorganischen Stoffe. Archiv. f. Entwicklungsmechanik, Bd. V.
- '13 Iwanowski, D. Über das Verhalten des lebenden Chlorophylls zum Lichte. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 31, S. 600.
- '10 Jacobsen, H. Kulturversuche mit einigen niederen Volvocaceen. Zeitsch. f. Bot., Bd. II, S. 145.
- '14 Jollos, V. Variabilität und Vererbung bei Mikroorganismen. Zeitsch. f. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, Bd. 12, S. 14–35.
- '13 Jones, H. A morphological and cultural study of some *Azotobacter*. Zbl. f. B. u. P., Abt. II, Bd. 38, S. 14.
- '96 Kahlenberg and True. On the toxic action of dissolved salts and their electrolytic dissociation. Bot. Gaz., Vol. 22, p. 81.
- '05 Keutner. Über das Vorkommen und die Verbreitung stickstoffbindender Bakterien im Meere. Wiss. Meeresuntersuchung, Kiel, Bd. 8, S. 30. Anhang: Das Vorkommen der stickstoffbindenden Bakterien an Süßwasserpflanzen. Ebenda, S. 46.
- '83 Klebs, G. Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Unters. a. d. bot. Institut. z. Tübingen, S. 333.
- '96 Klebs, G. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen.
- '15 Klebs, G. Über Wachstum und Ruhe tropischer Baumarten. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56 (Pfeffer-Festschrift), S. 734–792.
- '95 Klemm, Paul. Desorganisationserscheinungen der Zellen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 28, S. 627.
- '00 Kolkwitz, R. Beiträge zur Biologie der Florideen. Wiss. Meeresunters. Helgoland (zitiert nach Oltmanns (1905)).

- '02 Kolkwitz und Marsson. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora u. Fauna. Mitt. d. königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung Heft I, S. 33.
- '08 Kolkwitz u. Marsson. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XXVIa, S. 505.
- '11 Kolkwitz. Über das Kammerplankton des Süßwassers und der Meere. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 29, S. 386.
- '94 Kossowitsch, P. Untersuchungen über die Frage, ob die Algen freien Stickstoff fixieren. Bot. Zg. Bd. 52, S. 97.
- '69-70 Kraus, G. Einige Beobachtungen über den Einfluß des Lichtes und der Wärme auf die Stärkeerzeugung im Chlorophyll. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VII, S. 511.
- '94 Krüger, W. Beiträge zur Kenntnis der Organismen des Saftflusses der Laubbäume. Zitiert nach Richter, „Ernährung der Algen.“
- '00 Krüger, W. und Schneidewind. Sind niedere chlorophyllgrüne Algen instande den freien Stickstoff zu assimilieren? Landwirtschaftliche Jahrb. Bd. 29, S. 771.
- '91 Kuch, K. Über den Einfluß von Aldehydlösungen auf die Lebensthätigkeit der Pflanzen. Inaugural-Dissertation.
- '13 Kufferath, H. Contribution à la physiologie d'une protococcacée nouvelle, *Chlorella luteo-iridis* Chodat, nov. sp. var. *lutescens* Chodat, nov. var. Recueil d'Institut bot. Léo. Errera. t. IX, p. 113.
- '08 Küster, E. I. Eine kultivierbare Peridinee. Archiv f. Protistenkunde. Bd. 11, S. 351.
- '09 Küster, E. I. Über chemische Beeinflussung der Organismen durch einander.
- '13 a Küster, E. I. Über Zonenbildung in kolloidalen Medien (Beiträge zur entwicklungsmechanischen Anatomie der Pflanzen).
- '13 b Küster, E. I. Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen.
- '33 Kützing, F. J. Species algarum.
- '12 Kylin, H. Über die Farbe der Florideen und Cyanophyceen. Svensk Bot. Tid. Bd. VI, S. 531.
- '13 Liebaltd, E. Über die Wirkung wässriger Lösungen oberflächenaktiver Substanzen auf die Chlorophyllkörner. Zeitsch. f. Bot. Bd. 5, S. 65.

- '93 Loew, O. Ein natürliches System der Giftwirkungen.
- '05 Löhmis. Beiträge zur Kenntnis der Stickstoffbakterien. Zbl. f. B. u. P. Abl. II. Bd. 14, S. 582, 713.
- '12 Magnus und Schindler. Über den Einfluß der Nährsalze auf die Färbung der Oscillarien. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 30, S. 314.
- '02 Matruchot et Molliard. Variations de structure d'une algue verte *Stichococcus bacillaris* Näg. sous l'influence du milieu. Rev. générale de bot. p. 113.
- '11 Meinhold, Th. Beiträge zur Physiologie der Diatomeen. Cohns Beiträge zur Biol. d. Pfl., Bd. X, S. 353.
- '98 Mez. Mikroskopische Wasseranalyse.
- '89 Migula, W. Über den Einfluß stark verdünnter Säurelösungen auf Algenzellen. Abs. in „Bot. Zbl.“, Bd. 41, S. 207, 1890.
- '07 Migula, W. Kryptogamen-Flora II, 1 in Thomés „Flora von Deutschland.“
- '92 Miquel, P. De la culture artificielle des diatomées. Le Diatomiste, Bd. I. Zitiert nach Richter (1911).
- '95 Molisch, H. Die Ernährung der Algen.
I. Sitzber. d. kais. Akad. d. W. in Wien. Mat. naturw. Kl. Bd. 104, Abt. I, S. 783.
- '96 a Molisch, H. Die Ernährung der Algen. II. Ebenda, Bd. 105, S. 633.
- '96 b Molisch, H. Nachweis der gelben Farbstoffe (so-genannte „Kalimethode“). Ber. d. d. bot. Ges., S. 18.
- '12 Munk, M. Bedingungen der Hexenringbildung der Schimmelpilzen. Zbl. f. B. u. P. Abt. II, Bd. XXXII, S. 353.
- '01 Nadson, G. Die perforierenden (kalkbohrende) Algen und ihre Bedeutung in der Natur. Scripta bot. hort. Univ. Imp. Petrop., Bd. 17. Zitiert nach Schindler (1913).
- '08 Nadson, G. Über den Einfluß der Lichtstärke auf die Färbung der Algen. Versuche mit *Phormidium laminosum* und *Oscillaria amphibia*. Bull. du Jard. imp. bot. St. Pétersbourg. Zitiert nach Schindler (1913).
- '49 Nägeli, C. Gattungen einzelliger Algen. Zitiert nach Chodat (1913.)
- '78 Nebelung. Spektroskopische Untersuchungen der Farbstoffe einiger Süßwasseralgen. Bot. Zg., Bd. 36, S. 369, 385, 401, 417.

- '92 Noll. Über die Kultur von Meeresalgen in Aquarien. Flora, Bd. 50, S. 281.
- '93 Ogata, M. Über die Reinkultur gewisser Protozoen (Infusorien). Zbl. f. B. u. P., Abt I, Bd. 14, S. 165.
- '92 Oltmanns, Fr. Über die Kultur-und Lebensbedingungen der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 23, S. 349.
- '95 Oltmanns, Fr. Notizen über die Kultur- und Lebensbedingungen der Meeresalgen. Flora, Bd. 80, S. 38.
- '05 Oltmanns, Fr. Morphologie und Biologie der Algen. I-II Bd.
- '13 Omelianski, W. L. und Sieber, N. O. Zur Frage nach der chemischen Zusammensetzung der Bakterienkörper des *Azotobacter chroococcum*. Hoppe-Seyler's Zeitsch. f. physiolog. Chemie, Bd. 88, S. 445.
- '00 Ono, N. Über die Wachstumsbedingungen einiger Algen und Pilzen durch chemische Reize. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Vol. 13, part, 1, p. 141.
- '10 Orsós, Fr. Die Form der tiefliegenden Bakterien- und Hefekolonien. Zbl. f. B. u. P., Abt I, Bd. 54, S. 289.
- '89 Ostwald, W. Über die Affinitätsgrößen organischer Säuren und ihre Beziehungen zur Zusammensetzung und Konstitution derselben. Zeitsch. f. physik. Chemie, Bd. III.
- '04 Palladin, W. Über normale und intramolekulare Atmung der einzelligen Alge *Chlorothecium saccharophilum*. Zbl. f. B. und P., Abt II, Bd. XI, 146.
- '12 Petersen, J. B. On tufts of bristles in *Pediastrum* und *Scenedesmus*. Bot. Tidsskrift, Bd. 31, S. 161.
- '04 Petraschewsky. Über Atmungskoeffizienten der einzelligen Alge *Chlorothecium saccharophilum*. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XXII, S. 323.
- '14 Plümcke, O. Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Volvocaceen, *Gonium pectorale* als Wasserblüthe. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 32, S. 131.
- '79 Pringsheim, N. Über Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 12, S. 288.
- '12 Pringsheim, E. Kulturversuche mit Chlorophyllführenden Mikroorganismen, I. Die Kultur von Algen in Agar. Cohns Beiträge z. Biol. d. Pflanzen, Bd. 11, S. 249-304.

- '13 a Pringsheim, E. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen, II. Zur Physiologie der *Euglena gracilis*. Ebenda, Bd. 12, S. 1–48.
- '13 b Pringsheim, E. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen, III. Zur Physiologie der Schizophyceen. Ebenda, S. 99–107.
- '11 Pütter, A. Vergleichende Physiologie.
- '68 Rabenhorst, L. Flora Europaea algarum 1–III.
- '00 Radais. Formation de chlorophyll à l'obscurité. Comp. rend. d'acad. de Sci. de Paris, Bd. 130, Nr. 12, S. 793.
- '85 Reinke, J. Die Zerstörung von Chlorophylllösungen durch das Licht und eine neue Methode zur Erzeugung des Normalspektrums. Bot. Zg., Bd. 43, S. 64.
- '86 Reinke, J. Photometrische Untersuchungen über die Absorption des Lichtes in den Assimilationsorganen. Bot. Zg., Bd. 44, S. 161, 193, 209, 241.
- '03 a Reinke, J. Die zur Ernährung der Meeresorganismen disponiblen Quellen an Stickstoff. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 21. S. 371.
- '03 b Reinke, J. Symbiose von *Volvox* und *Azotobacter*. Ebenda, Bd. 21, S. 481.
- '80 Richter, P. Über den Wechsel der Farbe bei einigen Süßwasseralgen, insb. dem Oscillarien. Bot. Zbl., 2, S. 605.
- 03 Richter, O. Reinkultur von Diatomeen. Ber. d. d. bot. Ges., Bd. 21, S. 493.
- '06 Richter, O. Zur Physiologie der Diatomeen. I. Sitzber. d. kais. Akad. d. W. in Wien, math. naturw. Kl., Bd. 115, Abt. I, S. 27.
- '09 a Richter, O. Zur Physiologie der Diatomeen. II. Denkschrift d. math. naturw. Kl. d. kais. Akad. d. W. in Wien, Bd. 84, S. 666. Zitiert nach „Ernährung der Algen“ desselben Autors.
- '09 b Richter, O. Zur Physiologie der Diatomeen. III. Sitzber. d. kais. Akad. d. W. in Wien, Bd. 118, Abt. I, S. 1337.
- '11 Richter, O. Ernährung der Algen.
- '64 Sachs, J. Wirkungen farbigen Lichtes auf Pflanzen. Bot. Zg., Bd. 22, S. 353.
- '13 Schindler, B. Über den Farbenwechsel der Oscillarien. Zeitschrift f. Bot. S. 497.
- '99 Senn, G. Über einige koloniebildende einzellige Algen. Bot. Zg., Bd. 57, S. 39.
- '97 Strasburger. Botanisches Practicum, S. 405. Das von Alfred Fischer

etwas modifiziertes Verfahren Löfflers für Ziliennachweis bei Bakterien.

- '00 Tammes, T. Über die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche. *Flora*, Bd. 87, S. 205.
- '12 Ternetz, Charlotte. Beiträge zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis*. *Jahrb. f. wiss. Bot.* S. 455.
- '97 Tischutkin, A. Über Agar-Agar-Kulturen einiger Algen und Amöben. *Zbl. f. B. u. P., Abt. II*, Bd. 3, S. 183.
- '05 Treboux, O. Organische Säuren als Kohlenstoffquelle bei Algen. *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd. 23, S. 432.
- '06 Vogel, J. Die Assimilation des freien, elementaren Stickstoffs durch Mikroorganismen. *Zbl. f. B. u. P., Abt. II*, Bd. 15, S. 33, 174, 215.
- '14 Wager, Harold. The action of light on Chlorophyll. *Proceedings on the Roy. Soc. of London, Series B*, Vol. 87, p. 386-407.
- '68 Walz, J. Beiträge zur Kenntnis der Zoosporenbildung bei den Algen. *Bot. Zg.*, Bd. 26, S. 497.
- '99 Ward, M. Some methods for use in the culture of algae. *Ann. of Bot.*, Bd. XIII, p. 563.
- '97 Wille, N. Die Chlorophyceen. Die natur. Pflanzenfamilien, I Teil, Abt. II.
- '11 Wille, N. Die Chlorophyceen. Nachträge zu „Die natur. Pflanzenfamil.“
- '06 Willstätter, R. Zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls. *Liebigs Annalen*, Bd. 350, S. 1, 48.
- '07 Willstätter und Walter Mieg. Über die gelben Begleiter des Chlorophylls. *Ebenda*, Bd. 355, S. 1.
- '09 Willstätter, Hocheder und Hug. Vergleichende Untersuchungen des Chlorophylls in verschiedenen Pflanzen I. *Ebenda*, Bd. 371, S. 1.
- '10 Willstätter und Oppé. Vergleichende Untersuchungen des Chlorophylls in verschiedenen Pflanzen II. *Ebenda*, Bd. 378, S. 1.
- '11 Willstätter und Isler. Vergleichende Untersuchungen des Chlorophylls in verschiedenen Pflanzen III. *Ebenda*, Bd. 380, S. 154.
- '13 Willstätter und Stoll. Untersuchungen über Chlorophyll.
- '00 Zumstein. Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis* Klebs. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 34, S. 149.

Inhaltsverzeichnis.

- I. **Einleitung.**
- II. **Bedeutung der Reinkultur.**
- III. **Methodik der Reinkultur.**
- IV. **Formwechsel.**
 - 1. Wachstum und Ruhen der Algen.
 - 2. Zönobien- und Zellfamilienbildung der Algen.
 - 3. Polymorphismus der Algen.
 - 4. Bedingungen der Schwärmer- und Gametenbildung.
- V. **Ernährungsphysiologie.**
 - 1. Reaktion der Nährlösung.
 - 2. Verflüssigung der Gelatine.
 - 3. Anaërobismus von *Scenedesmus obliquus* Kütz. var. *non-liquefaciens* var. nov.
 - 4. Nährwerte der verschiedenen Stickstoffverbindungen.
 - 5. Nährwerte der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen.
 - 6. Nährwerte der verschiedenen organischen Säuren.
 - 7. Grenzkonzentrationen des Traubenzuckers.
 - 8. Unsere Algen als Leitorganismen für Wasserbeurteilung.
 - 9. Ernährungsphysiologische Beziehungen zwischen Algen und *Azotobacter*.
 - a) Isolierung von *Azotobacter chroococcum* var. A₁ Jones, und die Merkmale desselben.
 - b) Untersuchungen mit Agarkulturen.
 - c) Untersuchungen mit Flüssigkeitskulturen.
 - d) Kritik über die Hypothesen der Symbiose zwischen Algen und *Azotobacter*.
- VI. **Systematik.**
 - 1. Ernährungsphysiologische Merkmale.
 - 2. Begriff der Spezies, Varietät und physiologischen Rasse.
 - 3. Beschreibung und Identifizierung der gezüchteten Algen.
- VII. **Farbenwechsel der Algen.**
 - A. BEDINGUNGEN DER VERGILBUNG.

1. Beziehungen zwischen der Vergilbung und den C-Verbindungen.
 2. Vergilbungsstand bei Glukosenährmedien.
 3. Die von der Überimpfung bis zur Vergilbung vergangene Zeitdauer.
 4. Einfluß des Lichtes auf die Vergilbung.
 5. Einfluß der Dunkelheit auf die Chlorophyllbildung.
 6. Einfluß der Temperatur auf die Vergilbung.
 7. Mikrochemische Untersuchungen über den Zellinhalt.
 8. Untersuchungen über die Zerstörung der Farbstoffe.
- B. BEDINGUNGEN DES WIEDERERGRÜNENS.
1. Nährwerte der verschiedenen Stickstoffverbindungen beim Wiederergrünen.
 2. Grenzkonzentrationen der zuzusetzenden Stickstoffverbindungen beim Wiederergrünen.
 3. Einfluß des Lichtes auf das Wiederergrünen.
 4. Einfluß der Dunkelheit auf das Wiederergrünen.
 5. Einfluß der Temperatur auf das Wiederergrünen.
 6. Einfluß des sauerstofffreien Mediums und des Vakuums auf das Wiederergrünen.
- C. ÜBER DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN STICKSTOFFMENGEN UND DER VERGILBUNGSERSCHEINUNG.
1. Bei Glukosenähragar.
 2. Bei Glukosenährlösung.
- D. WESEN DER VERGILBUNGSERSCHEINUNG.
1. Vergilbungserscheinung schon bei neutralem Zustand der Nährlösung.
 2. Nachweis des Nitrats und des Ammoniaks.
 3. Verbrauchbare Mengen der Glukose in den verschiedenen Konzentrationen derselben und damit zusammenhängende Algenernten.
- E. WEIßWERDEN UND ABIÖTUNG DURCH DIE BILDUNG DER FREIEN SÄUREN.

1. Indirekte Giftwirkung freier anorganischer Säuren.
2. Nachweis flüchtiger Säuren, bzw. der Ameisensäure und nicht flüchtiger Säuren.
3. Bildung der oxydierbaren Substanz.

VIII. Giftwirkungen der verschiedenen freien Säuren.

IX. Erklärungen der Entfärbungsvorgänge.

1. Über die Vergilbung.
2. Über das Weißwerden.
3. Vergleichende Betrachtungen über die Entfärbung der Chlorophyceen und anderer Pflanzenklassen.

X. Zusammenfassung der Hauptresultate.

XI. Literatur.

Tafelerklärung.

Die Figuren wurden soweit nichts anderes bemerkt ist, mit dem Abbéschen Zeichenapparat, bei 700-maliger Vergrößerung entworfen.

Tafel I.

- Fig. 1. *Chlorella vulgaris* Beij. var. *lutescens*, var. nov. M-Agarkultur. p Pyrenoid; s Aplanosporen. Die Größe der Zellen, 4×4 , 4×5 , 4×8 , 7×8 , 9×9 , 8×10 , $10 \times 10 \mu$.
- Fig. 2. *Chlorella l.* M-L-Kultur. p Pyrenoid; s Aplanosporen. Die Größe der Zellen, 10×10 , 8×10 , 8×8 , $5 \times 6 \mu$.
- Fig. 3. *Chlorella l.* Frische Gl-Agarkultur. s Aplanosporen.
- Fig. 4. *Chlorella l.* Alte Gl-Agarkultur. f Fettkugeln.
- Fig. 5. *Stichococcus bacillaris* Näg. var. *viridis*, var. nov. M-Agarkultur. Man sieht hier die Zweiteilung der Zellen. Die Größe der Zellen, 3×7 , 3×4 , 2×8 , $2.6 \times 7 \mu$.
- Fig. 6. *Stichococcus v.* Frische Gl-Agarkultur.
- Fig. 7. *Stichococcus v.* Alte Gl-Agarkultur. f Fett.
- Fig. 8. *Scenedesmus obliquus* Kütz. var. *non-liquefaciens*, var. nov. M-Agarkultur. s Aplanosporen; Da *Dactylococcus*-Stadium. Zellen sind spindelförmig, 7×8 , 4×9 , 5×11 , oder $3 \times 9 \mu$ groß.

- Fig. 9. *Scenedesmus n.* Frische Gl-Agarkultur. Zellen sind dicker als bei M-Agar.
- Fig. 10. *Scenedesmus n.* Alte Gl-Agarkultur. Die Größe der Zellen, 8×8 , 8×10 , $4 \times 10 \mu$.
- Fig. 11. *Chlorella l.* in 23% oder 24% Gl-L-Kultur.
- Fig. 12. *Stichococcus v.* in 22% Gl-L-Kultur.
- Fig. 13. *Scenedesmus n.* in 3 oder 4% Gl-L-Kultur.
- Fig. 14. *Scenedesmus n.* in 5% Gl-L-Kultur.
- Fig. 15. *Chlorosphaera putrida*, sp. nov. in 7%, 9% oder 10% Gl-L-Kultur.
- Fig. 16. *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov. in 3% Gl-L-Kultur.
- Fig. 17. *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov. in 5% Gl-L-Kultur.
- Fig. 18. *Chlamydomonas koishikavensis*, sp. nov. in 7% Gl-L-Kultur.
- Fig. 19. *Chlorella l.* M-L-Kultur. (Frische und alte Kultur).
- Fig. 20. *Stichococcus v.* M-L-Kultur. (Frische und alte Kultur).
- Fig. 21. *Scenedesmus n.* M-L-Kultur (Frische und alte Kultur).
- Fig. 22. *Chlorosphaera p.*, alte M-L-Kultur (Frische M-L-Kultur, Fig. 10, Tafel III).
- Fig. 23. *Chlamydomonas k.*, alte M-L-Kultur (Frische M-L-Kultur, Fig. 13, Tafel III).
- Fig. 24. *Chlorella l.* frische 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 25. *Chlorella l.* alte 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 26. *Stichococcus v.* frische 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 27. *Stichococcus v.* alte 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 28. *Scenedesmus n.* frische 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 29. *Scenedesmus n.* alte 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 30. *Chlorosphaera p.* frische 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 31. *Chlorosphaera p.* alte 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 32. *Chlamydomonas k.* frische 2% Gl-L-Kultur.
- Fig. 33. *Chlamydomonas k.* alte 2% Gl-L-Kultur.

Tafel II.

- Fig. 34. *Chlorosphaera p.* Gl-Agarkultur.
- Fig. 35. Eine vegetative Zelle aus Gl-Agarkultur. 17μ groß, 3 Pyrenoide.

- Fig. 36. *Chlorosphaera p.* Frische M-Agarkultur. Aplanosporenbildung.
- Fig. 37. *Chlorosphaera p.* M-Agarkultur. Zoosporenbildung.
- Fig. 38. *Chlorosphaera p.* Zoosporen, 4×8 , oder $5 \times 8 \mu$ groß.
- Fig. 39. *Chlorosphaera p.* Alte M-Agarkultur.
- Fig. 40. *Chlorosphaera p.* Frische Gl-Agarkultur.
- Fig. 41. *Chlorosphaera p.* Alte Gl-Agarkultur.
- Fig. 42. *Chlamydomonas k.* Eine vegetative Zelle oder Schwärmer aus einer Kultur in H_2O . $a = \times 1100$, $b = \times 700$. p Pyrenoid; k Kern; A Augpunkt; v Vakuolen.
- Fig. 43. *Chlamydomonas k.* M-Agarkultur. *Gloecystis*-Zustand. $a = \times 500$, $b = \times 900$. p Pyrenoid. Diese befinden sich je 2, 3, oder 4 in einer Zelle. d Amylodextrinherde. Die Größe der Zellen, 8×16 , 6×16 , 4×14 , oder $4 \times 12 \mu$.
- Fig. 44. *Chlamydomonas k.* Frische Gl-Agarkultur. *Gloecystis*- und *Palmetta*-Zustand. $\times 500$. Die Größe der Zellen, 10×16 , 10×14 , 6×14 , 12×12 , $5 \times 10 \mu$.
- Fig. 45. *Chlamydomonas k.* aus einer in N-armer Gl-L erzielten Kultur. $a = \times 500$. $b = \times 700$.
- Fig. 46. *Chlamydomonas k.* Alte Gl-Agarkultur. $\times 500$. Gallerte wurde mit Methylenblau deutlich gemacht.
- Fig. 47. *Chlamydomonas k.* aus einer Kultur in H_2O , $\times 500$. Primäre Teilung geht querweise, und sekundäre Teilung, längsweise vor sich.
- Fig. 48. Gameten von *Chlamydomonas k.* aus einer Wasserkultur. Größe, 5×6 , 6×8 , 4×10 , oder $5 \times 11 \mu$.
- Fig. 49. Kopulation der Gameten von *Chlamydomonas k.*
- Fig. 50. a. Eine neue Zygosporie, noch grün. Ihre Größe 9μ .
b. ältere Zygosporie, gelbgrün, 17μ groß.
c. alte Zygosporie, gelbbraun, 20μ groß.
- Fig. 51. *Azotobacter Chroococcum* var. A_1 Jones. Mannitagarkultur, $\times 1100$.
- Fig. 52. Geißelfärbung mit einer bei $25^\circ C$, 20 Stunden alten Mannit-Agarkultur von *Azotobacter chroococcum* var. $\times 1100$.
- Fig. 53. Ein Monat alte Mannit-Lösungskultur von *Azotobacter ch.* var. Involutionsformen, $\times 1100$.

- Fig. 54. Mischkultur von *Azotobacter* und *Chlorella l.* in Mannit-Lösung, $\times 1100$. Man sieht viele infolge der Zerstörung von *Azotobacter* entstandene Körner.
- Fig. 55. Mischkultur von Az. und *Stichococcus r.* in Mannit-Lösung. $\times 1100$.
- Fig. 56. Mischkultur von Az. und *Scenedesmus n.* in Mannit-Lösung. $\times 1100$.
- Fig. 57. Mischkultur von Az. und *Chlorosphaera p.* in Mannit-Lösung. $\times 1100$.
- Fig. 58. Mischkultur von Az. und *Chlamydomonas k.* in Mannit-Lösung. $\times 1100$.
Kulturdauer von den fünf obigen Kulturen ist 21/V-19/XII.
- Fig. 59. Behandlung der *Chlorella*-Zellen mit 50% Äthylalkohol nach Liebaldt.
Die oberen beiden Zellen ($\times 1000$) einer ergrüneten Kultur,
die unteren beiden ($\times 1000$) einer vergilbten Kultur entnommen.
Das Chlorophyll wurde schwarz, und das Carotin schraffiert gezeigt.
- Fig. 60. Behandlung der *Chlorella*-Zellen mit Molisch's Kalimethode. Die
oberen drei Zellen ($\times 1000$) einer ergrüneten Kultur,
die unteren fünf ($\times 1000$) einer vergilbten Kultur entnommen.
Das Chlorophyll wurde schwarz, und das Carotin schraffiert gezeigt.
- Fig. 61. Durch $\frac{N}{250}$ Ameisensäure abgetötete *Chlorella*-Zellen. $\times 700$.

Tafel III.

Fig. 1-4 sind etwa 300 mal, und Fig. 5-15 etwa 250 mal vergrößert.

- Fig. 1. *Chlorella l.* M-Agarkultur.
- Fig. 2. *Chlorella l.* Alte Gl-Agarkultur.
- Fig. 3. *Stichococcus r.* M-Agarkultur.
- Fig. 4. *Stichococcus r.* Alte Gl-Agarkultur.
- Fig. 5. *Scenedesmus n.* M-L-Kultur.
- Fig. 6. *Scenedesmus n.* M-Agarstrichkultur.
- Fig. 7. *Scenedesmus n.* Gl-Agarstichkultur.
- Fig. 8. *Scenedesmus n.* M-Gelatinestichkultur.
- Fig. 9. *Scenedesmus n.* Gl-Gelatinestichkultur.
- Fig. 10. *Chlorosphaera p.* M-L-Kultur (Schwärmer- und Aplanosporenbildung).
- Fig. 11. *Chlorosphaera p.* M-Agarkultur (Schwärmer- und Aplanosporenbildung).
- Fig. 12. *Chlorosphaera p.* Gl-Agarkultur (Schwärmerbildung).

Fig. 13. *Chlamydomonas k.* M-L-Kultur. Zygosporonenkeimung. Man sieht hier Vierteilung der Zygosporen (k).

Fig. 14. *Chlamydomonas k.* M-Agarkultur.

Fig. 15. *Chlamydomonas k.* Gl-Agarkultur.

Fig. 16. Absorptionsspektren der Farbstoffe von *Chlorella l.* und *Coclopleurum Gmelini*. Das Spektrum von Eisenbogen wurde auch beigelegt, um die Lage der Absorptionsbänder zu verdeutlichen. (Alle Spektrogramme wurden von Herrn Prof. Dr. Y. Shibata hergestellt).

a. Absorptionsspektren des Alkoholextrakts von *Coclopleurum Gmelini*. Bei a war die Dicke des Absorptionsmediums 11 cm lang. Bei den darauf folgenden Spektren war dieselbe der Reihe nach 10, 9, 8, 7 und 6 cm lang.

β. Absorptionsspektren des Alkoholextrakts der aus M-L-Kultur entnommen *Chlorella*-Zellen.

Die Dicke des Absorptionsmediums war entsprechend dem Spektrum a, b . . . und g, der Reihe nach 9, 8, 7, 5, 4 und 3 cm.

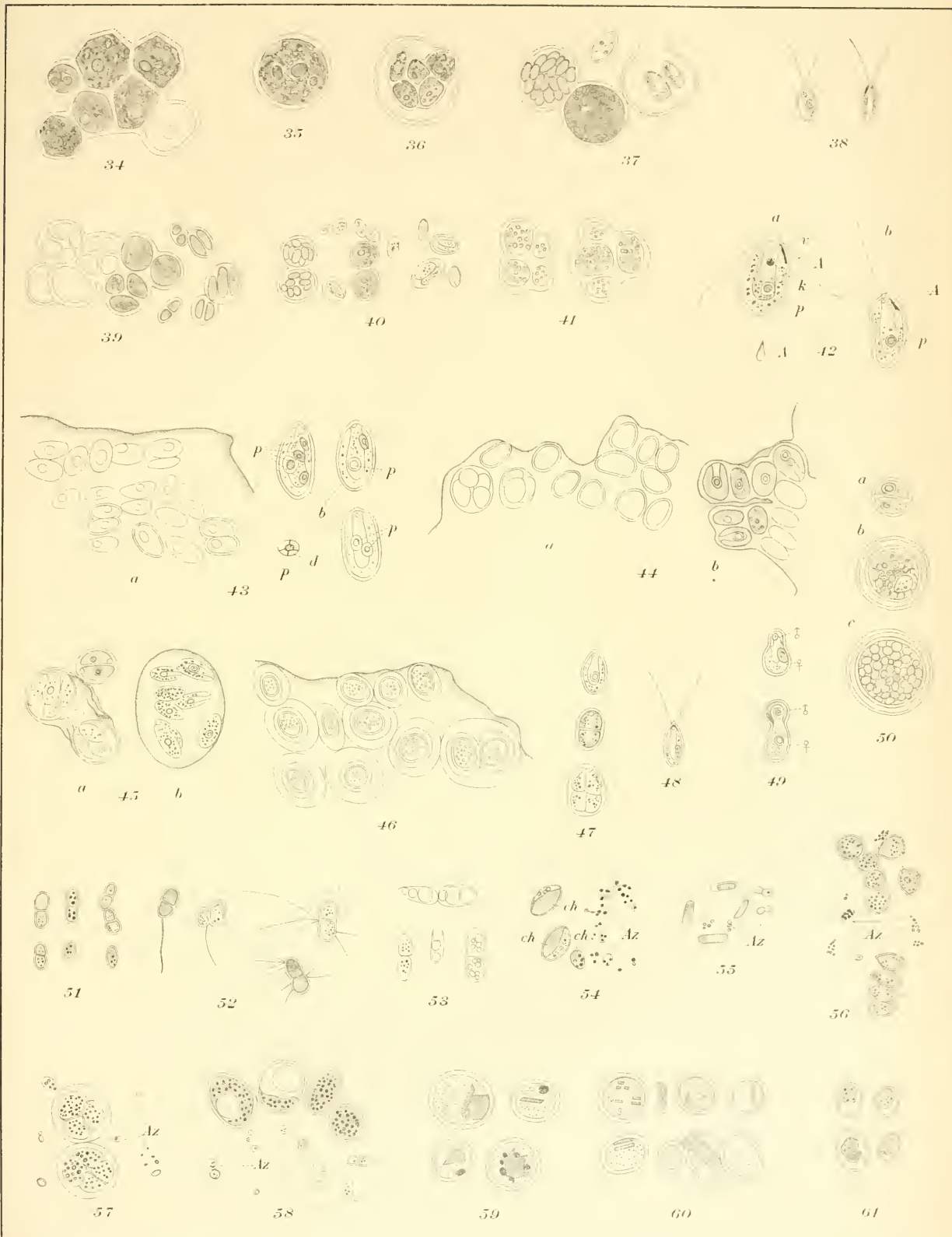
γ. Absorptionsspektren des Alkoholextrakts der durch Zusatz von $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ergrünzten *Chlorella*-Zellen.

Die Dicke des Absorptionsmediums war in der Reihenfolge 9, 8, 7, 6, 5 und 4 cm lang.

δ. Absorptionsspektren des Alkoholextrakts der aus vergilbter Gl-L-Kultur entnommen *Chlorella*-Zellen.

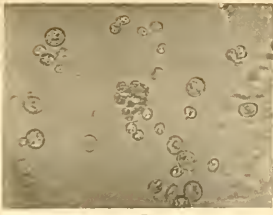
Die Dicke des Absorptionsmediums war in der Reihenfolge 11, 10, 9, 8, 7 und 6 cm lang.







1



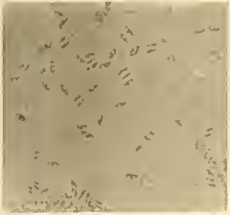
2



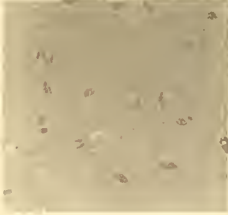
3



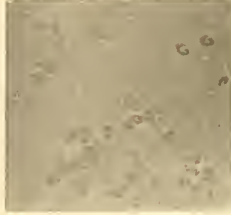
4



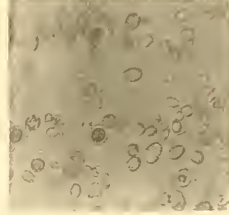
5



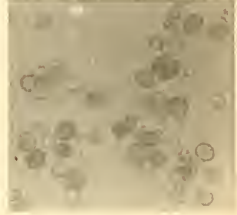
6



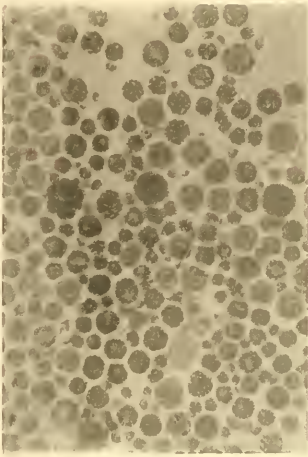
7



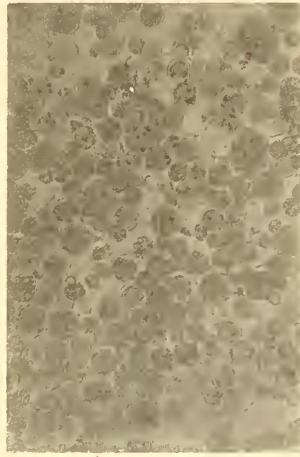
8



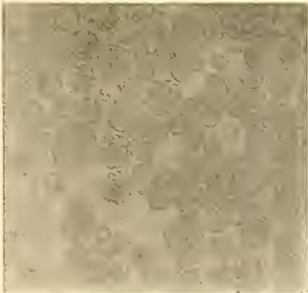
9



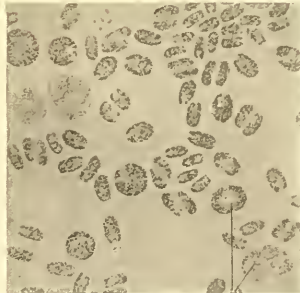
10



11

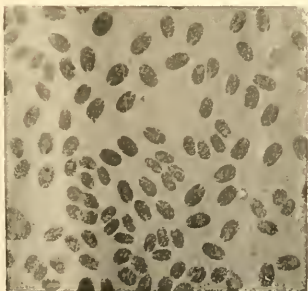


12

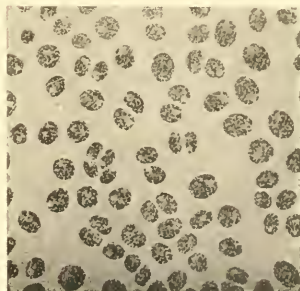


13

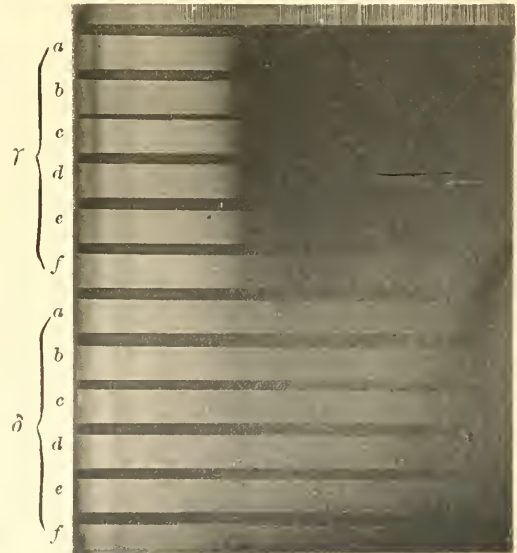
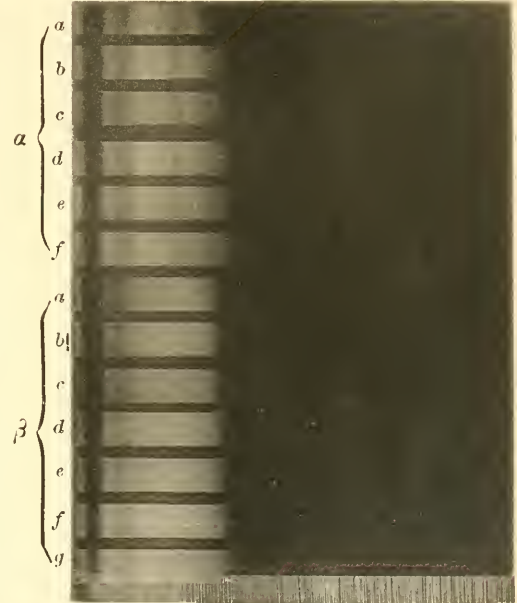
k



14



15



16 (a, β , γ , δ)

Fig. 1—15, Nakano photo.

Fig. 16, Prof. Y. Shibata photo.

Notes on the Physiology of
Charybdea rastonii.

By

Naohide YATSU, *Rigakuhakushi*.

With 5 Text-figures.

Late in the summer the little inlet in front of the Misaki Biological Station abounds with hundreds of the interesting cubomedusa, *Charybdea rastonii*. They are often so numerous that they cause not a little annoyance to the bather. To the student of cœlenterates, however, the circumstance affords excellent opportunity for investigation.

Although the morphology of cubomedusæ has been studied to such an extent that further investigation seems scarcely necessary, yet our knowledge of their physiology is very poor, the only works on this subject being the two papers by Conant ('98) and by Berger ('00), and no doubt much is to be done in future along that line. It was in the summer of 1915, August 28–September 2, that I performed at Misaki a few simple experiments upon *Charybdea rastonii*. In August of 1916 some of these were repeated with the same results. In the following pages I shall briefly describe the results of my experiments and observations on this interesting medusa.

I. Light reaction.

Charybdea rastonii behaves in response to photic stimulus quite differently from *C. xaymacana* observed by Conant. The Jamaican

species manifested a sudden change in swimming activity when transferred to direct sunlight from the diffused. Most of them ceased to pulsate and settled to the bottom (Berger '00 p. 5), though some did not do so (Berger '00 p. 26). If the glass vessel containing *Charybdea rastonii* be brought into the sun, none of it becomes quiescent. The medusæ swim about just as calmly as in diffuse daylight. It need hardly be mentioned that they prefer weak to strong light as do other species of cubomedusæ, since in their natural habitat they come near the surface of the sea only in the morning and towards evening, most of them going down to a little deeper part during the rest of the day. I do not know where they are at night. This difference in light reaction between the two species may stand in relation to the fact that *C. xaymanaca* lives in deeper water than *C. rastonii*.

II. The rhopalium in relation to pulsation and swimming activity.

As to the rhopalium it suffices to say that, contrary to Haake's description ('86 p. 555 and '87 pp. 602, 603), the paired eyes persist throughout life in *C. rastonii* of Misaki, as has been pointed out by other authors in the same species occurring in other localities.

As was observed by Conant (Berger '00 p. 8 and p. 29) the part of the rhopalium loaded with the calcareous concretion lies always lowermost, whatever position the medusa may assume during swimming. This can be seen to best advantage by watching from without with a hand lens a medusa, which is held vertically against the inner side of a glass vessel. In rotating the animal so as to bring the mouth upwards it is noticed that shortly before the rhopalium stalk takes the inverted position, say

165°–170°, the main part of the rhopalium turns and hangs down, to the opposite side. That this is due to the presence of the concretion is shown by the fact that, after extraction of that body, the longitudinal axis of the rhopalium always remains straight in whatever position the jellyfish may be held. Since the extraction of the concretion does not affect in the slightest degree the swimming activity, the concretion seems to serve simply as a weight for keeping the rhopalium properly suspended as was suggested by Berger ('00 p. 8). The rhopalium, as a whole, therefore, can hardly have any value as an organ of equilibrium.

The taking off of one, two (opposite or adjacent) or three rhopalia exercises no influence whatsoever upon the mode of swimming nor upon the balancing of body. Neither does a momentary paralysis take place after such operations. In this respect *C. rastonii* differs from *C. xaymacana*, in which species, while no permanent paralysis takes place after removal of one or two rhopalia, yet it did occur after a third one was removed, though this result does not seem to be constant (Berger '00 p. 8). One thing I noticed in *C. rastonii* deprived of three rhopalia is the fact that it shows a tendency to swim with the side of the remaining rhopalium turned downwards, though this is by no means the rule. The influence of the extirpation of the rhopalia upon the number of pulsations I have not as yet satisfactorily worked out, owing to the difficulty of dissociating it from the effect of the shock caused by the operation.

If a single rhopalium be kept intact, the medusa is of course able to pulsate. As has been shown in other forms, the jellyfish cut into a strip by a spiral incision continues to pulsate, provided a single rhopalium be present. It does not matter whether or no the pedal ganglion remains in the strip.

If all the rhopalia be extracted, the animal instantly ceases to pulsate and remains still on the bottom of the vessel. In a few cases the jellyfish thus operated resumed pulsation for a short length of time, and even tried to swim up. But they did not seem to have strength enough to pull up the relaxed tentacles. In the above cases the cutting off of four pedal ganglia did not stop pulsating. Very seldom do the medusæ deprived of all the rhopalia lift themselves up and swim for a short distance. It may be added that by pinching the tentacles (even at the distal end) weak pulsations may be aroused in the medusæ destitute of all the rhopalia.

It is evident that from the above experiments as well as from those of previous authors, that the pulsation center is localized in the rhopalium. Now the question naturally arises as to what part of the organ sends out stimuli to the subumbrellar muscles to cause pulsation. In dealing with the problem the concretion can *a priori* be left out of consideration,

since it has nothing to do with nervous function and moreover its extraction from all the rhopalia does not in the least impair the swimming activity of the medusa (Berger '00 p. 8). To decide the question the following simple experiments were performed. Three rhopalia were pulled off, and from the remaining one only the eye part together with the concretion was cut off.

Pulsation continued without any impairment.

Only when the part near the stalk was excised, the jellyfish became motionless (Fig. 1). From these experiments it may be concluded that the pulsation center is located in the part next to the stalk. And I think that this conclusion is born out by the

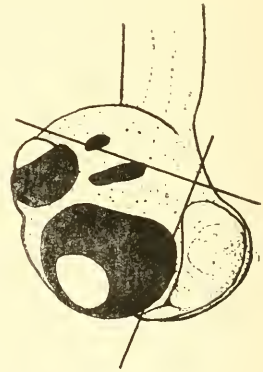


Fig. 1.

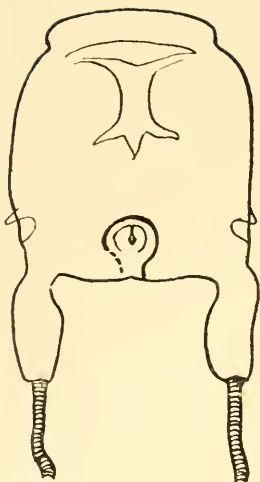


Fig. 2.

histological findings obtained by previous writers.

To determine the course of nervous stimuli from the rhopalium the following experiments were tried. Three rhopalia were taken off and an incision was made starting from the bell edge and going upwards around the rhopalium niche as shown in the accompanying diagram (Fig. 2). The medusa thus operated could swim about. Then the cut was extended farther

down, *i. e.*, to a point a little above the velarium, pulsation stopped. This seems to show that the narrow area just above and along the velarium lacks the nerve plexus.

From the experiments on pedalium reflex, which is to be described in the next section, it will be seen that the nerve stimuli do not reach the upper third of the bell. Although I have no knowledge of the distribution of nerve plexus in the *Charybdea* bell, yet from these experiments it may be taken for warranted to conclude that the bell is devoid of nerve plexus in the upper third of its extent as well as near the velarium.

III. Rhopalium-pedalium reflex.

As was noted by Conant (Berger '00 p. 12 and p. 31) *Charybdea* has an interesting reflex, which may be called the rhopalium-pedalium reflex. It consists in this, that, if a rhopalium is lightly stroked all the tentacles contract and all the pedalia are simultaneously bent into the bell cavity. Extraction of three rhopalia does not make any difference at all. Undoubtedly this reflex is adaptive; for the moment the enemy tries to seize the jellyfish

and comes in contact with any rhopalium (the only pigmented region of the medusa), the tentacles and the pedalia are quickly drawn in and the animal sinks to the bottom, thus increasing the chance of escape from being preyed upon. Only in one individual out of some hundred specimens I have examined, it was noticed that one pedalum did not respond at all to the stroking of the rhopalium, while the other three did. This may be due to some congenital defect in the reflex mechanism.

In order to see how soon fatigue comes to the pedalial muscles three rhopalia were cut off and the fourth one was stroked several times in succession as soon as the pedalia relaxed after contraction. In one individual the bending became difficult after twelve or thirteen stimulations, and to the sixteenth stroking the pedalia did not respond at all. In another medusa the contraction became weak after seven or eight stimulations, and the fourteenth did no longer cause bending at all. But it is hardly necessary to add that a stronger stimulus, *e. g.*, the pinching of the basal part of rhopalium or the sensory niche with a pair of forceps, will call forth response even in such fatigued medusae.

In passing it may be mentioned that by means of the rhopalium-pedalum reflex, the course of the nerve impulse from the rhopalium to other parts of the body was determined. Three rhopalia were cut off and the lower half of the bell was bisected by two opposite incisions, as shown in Fig. 3. Then the rhopalium was stroked. This experiment was per-

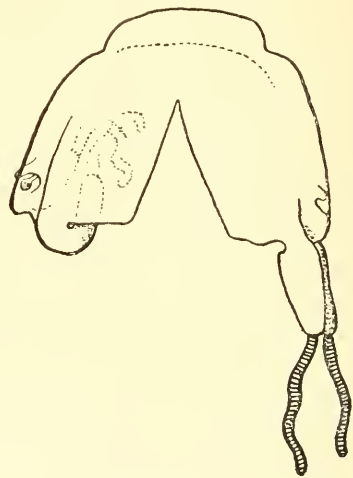


Fig. 3.

formed upon several individuals changing the length of the incision. In five cases the length of incision, by which the reflex was stopped in the two pedalia opposite the stroked side, was determined to be as follows:

Height of bell	21, 5 mm	25 mm	26 mm	25 mm	26 mm
Length of incision	13	17	14	17	15

In a few cases, instead of three rhopalia only two opposite ones were extirpated, and the above experiments were repeated with precisely the same result. From these experiments, as has already been alluded to, one cannot escape from the conclusion that the upper third of the *Charybdea* bell does not transmit nerve stimuli notwithstanding the presence of the subumbrellar muscles due in all probability to the absence of nerve plexus there.

It should be noted that the pedalium is also bent into the bell cavity by stimuli originating from a place other than the rhopalium. If the outer edge of a pedalium, where there are many patches of nematocysts, be stroked, then that pedalium alone contracts, the other three remaining relaxed, as was observed by Conant (Berger '00 p. 31). This reaction is seen in the individuals deprived of all the rhopalia and also in the ring of bell margin made by a circular cut a little below the level of the sensory niches. Such a ring was cut at one place and spread open on the bottom of a vessel containing water. Various places of it were pinched to see how the pedalia acted. In case the pinched place was half way between any two pedalia, these alone contracted. If, however, the place was nearer to one pedalium, that pedalium alone usually contracted, but sometimes two on either side re-

sponded. Very seldom three or four pedalia were bent by the pinching at one place. As the upper edge of such preparation is below the sensory niches, the main nerve connections between the rhopalia and pedalia have of course been severed. How pinching stimuli are transmitted in this region, I could not make out, especially in view of the fact deduced from the experiments already mentioned, that the nerve plexus do not seem to be present in the immediate neighborhood of the velarium.

IV. Oral arm reaction.

Various parts of the medusa were stimulated to see how the oral arms respond. Only when the subumbrella close to the velarium was stroked, the oral arms performed a peculiar groping movement without "pointing." Neither the touching of the oral arms nor of the inner surface of the stomach produced any effect at all. In *C. xaymacana*, it may be noted, the removal of one or all rhopalia induced a strange movement of the oral arms (Berger '00 p. 11). In the Japanese form the oral arms do not respond to such a stimulus.

V. Phacellae.

The phacellae of *C. rastonii* was described by Bigelow ('09 pp. 17 and 18) from preserved specimens as follows: "the filaments of each phacella have become collected into three or four groups, each group arising from a distinct stalk. The filaments, furthermore, arise from the stalk at different levels and some of them are apparently branched, so that they

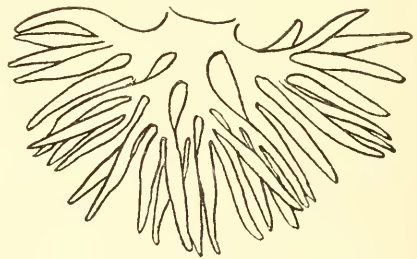


Fig. 4.

present a tree-like appearance." His figure is here reproduced (Fig. 4). In *C. arborifera* of Maas, which is supposed to be the same species as *C. rastonii*, the phacellae are said to be dendritic, all the tufts arising from a single stalk (Maas '97 Pl. 14, Fig. 9). The phacellae of Japanese *Charybdea* present an entirely different aspect from the above description, especially when they are examined in living medusae. The filaments are clustered in four groups on the interradial sides of octagonal gastral cavity. They

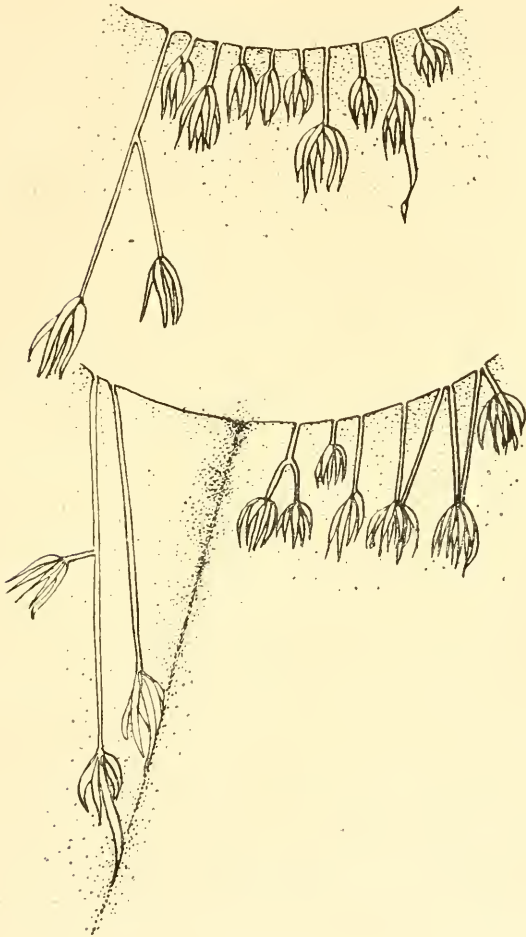


Fig. 5.

number nine or ten in each group and are disposed at irregular intervals. Each filament is composed of a stalk and a terminal tuft. Some stalks have a side branch, it is true. But the whole structure can hardly be called dendritic (Fig. 5). The phacellae show a slow squirming movement, as was observed by Fritz Müller ('58 p. 543) and also by Conant ('98 p. 14). The filaments can best be studied by holding a medusa with food in its stomach against the inner side of a glass vessel and by examining it with a handlens from the outside.

Parenthetically the mode of ingestion may here be mentioned. If a piece of fish meat be brought to a tentacle, the latter encircles the piece and contracts. The edge of the oral arms begins to flare out to receive both the tentacle and the meat. After these are drawn into the gastral cavity, the tentacle is slowly pulled out. It is then that the phacellæ commence to display their activity. The stalk elongates four or five times its ordinary length or sometimes even more. The terminal tufts are very sticky and also distensive. Some tufts frequently come in contact with the per-radial lip furrow. They glide up and down that furrow. Often a filament, or two, which are very much stretched out, may be found adhering to the furrow, while the rest of the filaments have already detached themselves from the gastral surface due to the contraction of the stalk (Fig. 5).

VI. Summary.

1. In *Charybdea rastonii* no change in swimming activity is noticeable, if brought in the sun from diffused light.

2. Whatever position the medusa may assume, the concretion is always at the lowermost end of the rhopalium. Its extraction does not cause any change in swimming activity.

3. Medusæ deprived of all the rhopalia usually cease to pulsate, but very seldom may perform weak pulsations or even swim for a short distance.

4. The pulsation center is located in the region of the rhopalium between the eye part and the stalk.

5. In the upper third of the bell and in the region near the velarium the nerve plexus is probably lacking. The nerve stimuli are not transmitted in those regions.

6. Fatigue comes to the pedalial muscles after 14–16 contractions as tested by the rhopalium-pedalium reflex.

7. The mouth edge spreads out, if the lower region of the subumbrella near the velarium is stroked.

8. The phacellæ of *Charybdea rastonii* are 9–10 in number in each interradial corner of the gastral cavity and are arranged at irregular intervals. Each is not dendritic, but is composed of a very elastic stalk and a terminal tuft.

Zoological Institute,

Tôkyô Imperial University,

March 9, 1917.

Literature

- Conant, F. S., '98.—The Cubomeduse: Memoirs from the Biol. Lab. of the Johns Hopkins University 4. 1.
- Berger, E. W., '00.—Physiology and histology of the Cubomeduse including Dr. F. S. Conant's notes on the physiology: Memoirs from the Biol. Lab. of the Johns Hopkins Univ. 4. 4.
- Bigelow H. B., '09.—The meduse: Mem. Mus. Comp. Zool. 37.
- Haacke, W., '86.—Über die Ontogenie der Cubomedusen: Zool. Anz. 9.
- „ „ '87.—Die Scyphomedusen des St. Vincent Golfes: Jen. Zeit. 20.
- Maas, O. '97.—Reports on an expedition off the west coast of Mexico: Mem. Mus. Comp. Zool, 23.
- „ „ '09.—Japanischen Medusen: Beitr. zur Naturgesch. Ostasiens. Abh. d. math. phys. Abt. d. K. Bayer. Akad. d. Wiss. I Suppl. Bd., 8 Abhand.
- Müller F. '58.—Die Magenfäden der Quallen: Z. w. Z. 9.

Mikrobiologische Untersuchungen über einige japanische Wasserleitungen.

Von

Hirotaro HATTORI,

Rigakushi, Rigakuhakushi.

Mit 6 Tafeln.

I. Einleitung.

Betreffs Beurteilung des Trink- und Nutzwassers sind seit langem Untersuchungen vieler Forscher veröffentlicht worden. Vor allem haben ZIMMERMANN,⁽⁵⁹⁾ LUSTIG,⁽³⁶⁾ FRANKLAND⁽¹⁵⁾ u. a. vom botanischen und hygienischen Standpunkt bakteriologische Untersuchungen angestellt. Andererseits hat die allmähliche Vervollkommnung des Wasserleitungssystems die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Verbesserung des Leitungswassers durch Filteranlagen gelenkt. PIEFKE⁽⁴¹⁾ hat schon seit langem bezüglich der Wirksamkeit von Filtersandschichten Untersuchungen angestellt und behauptet, dass die auf der Oberfläche derselben geformte sogenannte Schlammsschicht ein wichtiger, die Wirksamkeit der Sandschicht stark beeinflussender Faktor sei. Seitdem sind auf den europäischen und amerikanischen Wasseruntersuchungsstationen von vielen Bakteriologen und Biologen derartige Untersuchungen fortgesetzt worden, und die Resultate derselben haben Wissenschaft und Technik in nicht unbedeutendem Masse gefördert.

Gegenüber der ungeheuren Literatur betreffs der bakteriologischen Untersuchung des Wassers, gibt es nur wenige Arbeiten über

die anderen Mikroorganismen desselben, insbesondere über ihre Arten, Entwicklung, u. s. w.. Unter ihnen sind die Arbeiten von LEMMERMANN,⁽³⁸⁾ WHIPPLE,⁽⁵⁸⁾ und neuerdings von KOLKWITZ und MAARSSON⁽²⁶⁾ nennenswert; aber keine dieser Arbeiten ist als eine vollkommene zu bezeichnen.

Ich habe während mehrerer Jahre bei den hauptsächlichsten japanischen Wasserleitungen, besonders bei der in Yokohama, vergleichende Untersuchungen angestellt, wie die verschiedenen Arten und die Entwicklung der Bakterien die Qualität des Wassers beeinflussen. Meine Untersuchungen beabsichtigten festzustellen, in welchem Masse die bisher verhältnissmässig ausser Acht gelassene Schmutzdeckenflora bei der Wasserbeurteilung von Wichtigkeit ist. Ein anderer Zweck meiner Untersuchungen war zu ermitteln, ob die Mittel-Schnelligkeit bei der Filtration des Wassers in unseren Wasserleitungen, welche nur auf europäische Erfahrungen basiert sind, nicht beschleunigt werden könne, da das Rohwasser in unseren Wasserleitungen vom Rohwasser europäischer Wasserleitungen abweichende Eigenschaften hat. Dies ist nicht nur für die Neuerrichtung von Wasserleitungen oder bei der Erweiterung von schon bestehenden von grosser Bedeutung, sondern auch für den täglichen Betrieb derselben.

Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle, Herrn Prof. Dr. *M. MIYOSHI, und dem verstorbenen Prof. Dr. R. HARA, Oberingenieur an der Yokohamaer Wasserleitung, die mir bei diesen Untersuchungen ihre Hilfe angedeihen liessen, meinen herzlichen Dank auszusprechen. Bei den chemischen Analysen haben mich die Ingenieure H. IWASAKI und M. KOMORI häufig unterstützt, und viele Herren an verschiedenen Plätzen haben mir gütigst Unter-

suchungsmaterial zugesandt. Ihnen allen spreche ich hier gleichfalls meinen wärmsten Dank aus.

II. Zur Geschichte der japanischen Wasserleitungen.

Die japanischen Wasserleitungen alter Zeiten kommen kaum in Betracht, sondern nur diejenigen, welche die TOKUGAWA Regierung gründete, beanspruchen einige Beachtung. Als TOKUGAWA IYEFASU im 18 Jahre der Tenshō Aera (1590) seine Residenz nach Yedo (heute Tokyo) verlegte, sorgte er zunächst für Trinkwasser und machte den Plan für eine Wasserleitung. Im Verlaufe der Jahre entstanden die folgenden sechs Systeme, nämlich: Kanda, Tamagawa, Mita, Senkawa, Aoyama und Kameari. Die drei letzten bestehen nicht mehr und nur die drei ersten lieferten bis in die Neuzeit den Stadtbewohnern ihr Trinkwasser. Im 36 Jahre der Meiji Aera (1903) wurden dann auch die beiden Systeme Kanda und Senkawa abgeschafft und der Tamagawa allein blieb übrig die Stadtbewohner mit Wasser zu versorgen. Sein Lauf wurde jedoch nicht verändert und das „Tamagawa System“ liegt der heutigen verbesserten Wasserleitung zu Grunde.

Was die Tamagawa-Wasserleitung anbetrifft, so wurde sie folgenderweise errichtet. Bei Hamura, dem Mittelpunkt des Tama-Flusses, wurde ein Damm angelegt und so eine Sammelstelle für Rohwasser gebildet. Von hier wurde dann ein offener Kanal, dessen Länge sich auf ca 52 km beläuft, gegraben, bis er den westlichen Teil der Stadt Tokyo erreichte. Von dort wurde das Wasser, ohne filtriert zu werden, mittelst hölzerner Röhrennetze der ganzen Stadt zugeführt.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der heutigen verbesserten Wasserleitung in Tokyo. Das Rohwasser derselben, wird wie einst auch heute vom Tama Fluss durch den alten Wasser-

gang wie auch durch einen neu gegrabenen offenen Kanal in die Absatzbehälter zu Yodobashi abgeleitet. Dann wird das Wasser in die Filtern geleitet und filtriert. Das so gereinigte Wasser wird in Klärwasserbassins gesammelt und dann erst über die Stadt verteilt, teils durch Gravitation, und teils durch Pumpwerke vermittelt einer Hochdruckleitung mit 3 Atmosphären Druck. Dieses Wasserwerk wurde im 33 Jahre Meiji (1900) vollendet.

Ehe ich nun die Wasserleitung in Yokohama einer eingehenden Betrachtung unterziehe, möchte ich darauf hinweisen, dass das Sand-Filtrationssystem bei derselben zum ersten Mal in Japan zur Anwendung gebracht wurde. Die Wasserleitung in Yokohama wurde im 4 Jahre Meiji (1871) nach dem Plan einiger Bürger, errichtet; damals wurde das Wasser noch vom Tama-Fluss abgeleitet. Nachdem aber die Regierung die Verwaltung der Wasserleitung übernommen hatte, wurde im Jahre 1886 der Dôshi-Fluss, ein Nebenfluss des Sagami, die Wasserquelle, und der Wasserbehälter in Aoyama wurde angelegt. Von hier aus wird das Wasser durch Eisenrohre in einer Länge von etwa 48 km in die Filteranlage in Yokohama geleitet. Das gereinigte Wasser wird vermittelt Gravitation über die ganze Stadt verteilt. Dieses Werk wurde im September 1888 vollendet. Weil aber wegen der starken Zunahme der Stadtbevölkerung grosser Wassermangel herrscht, ist man jetzt aufs neue bei der Ausführung eines grossen Erweiterungsbaues.

Auch in Hakodate und in Nagasaki wurden Wasserleitungen angelegt, einem Beispiel, dem im Laufe der Jahre Osaka, Hiroshima und andere Städte folgten. Die Zahl der Wasserleitungen in Japan, von denen die einen schon fertig sind, die anderen ihrer Vollendung entgegen gehen, beläuft sich auf mehr als 70.

Bei den japanischen Wasserleitungen wird im allgemeinen die

„Langsame Sand-Filtration“ angewandt, in Kyoto und in Riusan (Korea) kommt jedoch das mechanische Filtrationssystem zur Anwendung. Die Verbrauchswassermengen der japanischen Wasserwerke berechnet man pro Tag und pro Kopf durchschnittlich auf 3–4 cb Fuss, was der Verbrauchsmenge von Berlin fast gleich kommt, und $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{3}$ derselben in Frankreich und England beträgt. Wenn man die Wasserverbrauchsmengen aber mit denen der Wasserleitungen in den Vereinigten Staaten von Nord Amerika vergleicht, so betragen sie nur $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{14}$.

III. Die chemische Beschaffenheit des Rohwassers in den japanischen Wasserleitungen.

Bei den japanischen Wasserleitungen wird meist Flusswasser, d. h. das Oberflächenwasser, wie schon im obigen Kapitel erwähnt, benutzt; nur in Tamsui (Formosa) wird Quellwasser direkt aufgenommen, ohne filtriert zu werden. Was die Wasserleitung in Kyoto anbetrifft, so wird das Wasser vom Biwa-See abgeleitet und darauf filtriert. Die Eigenschaft des Wassers hängt natürlich von der Beschaffenheit des Bodens ab, aus dem es quillt, oder durch den es fließt. Es ist für das Flusswasser auch nicht gleichgültig, ob das Niederschlagsgebiet stark bevölkert ist oder nicht. Von Bedeutung ist auch, ob das Wasser durch Wald, oder ob es durch gepflügte Felder fließt.

Um die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen, die seit ein paar Jahren bezüglich der japanischen Wasserleitungen angestellt worden sind, mit einander zu vergleichen, habe ich die folgende Tabelle aufgestellt.

TABELLE I.*

CHEMISCHE BESCHAFFENHEIT DES ROHWASSERS VON EINIGEN
JAPANISCHEN WASSERLEITUNGEN. mg in L.

Ort	Reaktion	Chlor	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrigsäure	Ammoniak	Härtegrade	Abdampf- rück- stand	Organ. Subst. K ₂ Mn ₂ O ₅ Ver- brauch
Tokyo	schwach alkalisch	1.244	Spur	Spur	0	0	1.163	67.364	1.337
Yokohama	do	1.374	do	do	0	0	1.485	68.168	1.458
Osaka	do	5.257	do	do	0	0	—	77.607	5.464
Kobe	do	5.540	do	do	0	0	—	78.083	5.186
Okayama	do	6.519	do	0	0	0	1.036	53.835	2.121
Hiroshima	do	5.176	do	spur	0	0	0.774	55.244	3.640
Nagasaki	do	9.238	do	do	0	0	1.876	65.262	6.683
Hakodate	neutral	3.760	do	do	0	0	—	90.177	4.079
Taihoku	schwach alkalisch	4.495	do	do	0	0	0.959	85.215	1.011
Keelung	do	8.827	do	do	0	0	0.254	53.283	0.823
Tamsui	do	11.010	do	do	0	0	2.013	140.110	0.307
Shōka	neutral	8.654	do	0	0	0	3.960	211.000	4.148

* Diese Angaben (ausschl. derjenigen von der Yokohamaer Wasserleitung) verdanke ich den Wasseruntersuchungsämtern der verschiedenen Städte.

Werfen wir nun einen Blick auf diese Tabelle, so sehen wir, dass das Rohwasser der japanischen Wasserleitungen schwach alkalisch reagiert, dass der Gehalt an Chlor nur 1.2–11.0 beträgt, und dass es sowohl Spuren von Schwefel-als auch Salpetersäure enthält. Was aber Salpetrigsäure und Ammoniak betrifft, so sind sie niemals nachgewiesen worden. Die Härtegrade schwanken nach deutscher Regel zwischen 0.25–3.96, und der Abdampfrückstand beträgt 211.0, wenn es hoch kommt. Organische Substanzen durch die Kaliumpermanganat-Methode bestimmt, waren bei der Probe aus Tamsui (Formosa) am wenigsten und bei derjenigen aus Nagasaki am reichsten vorhanden (6.683 mg in 1 L Wasser.).

Im allgemeinen kann auf Grund der Ergebnisse der chemischen Analyse behauptet werden, dass die Beschaffenheit des Rohwassers japanischer Wasserleitungen verhältnismässig rein ist.

IV. Kulturmethode für Wasserkeime.

Wie man die bakteriologischen sowie chemischen Untersuchungen des Wassers im allgemeinen nach der vom staatlichen Komitee für japanische Wasserleitungen bestimmten Methode anzustellen pflegt, so kam dieselbe auch bei meinen Betrachtungen vorwiegend zur Anwendung, wenn es sich um biologische Untersuchungen handelte. Ich machte bei der Entnahme sämtlicher Wasserproben auf Bakterien hin von dem modifizierten HEYROTH'schen Apparat Gebrauch: bei der Yokohamaer Wasserleitung entnahm ich die Wasserprobe zwei Stellen nämlich dem Wasser am Rohwassereinlauf, und demjenigen am Reinwasserauslauf des Filters. Bei der Tokyoer Wasserleitung benutzte ich für meine Untersuchungen das Rohwasser an der Einlaufstelle, die bei Hamura liegt, und das Rohwasser bei Sakai, das fast in der Mitte des Kanals liegt, und ausserdem noch das Wasser am Einlauf des Absatzbehälters in Yodobashi. Das gereinigte Wasser entnahm ich dem Ausfluss aus den Filtern.

Was die Kultur der Wasserproben betrifft, so untersuchte ich das Wasser möglichst bald nach der Entnahme und in Fällen, wo das nicht möglich war, bewahrte ich die Proben in Eis verpackt auf und untersuchte sie später. Handelte es sich um die Zählung der Keime in einer Wasserprobe, so verfuhr ich wie folgt: mit einer 1 cc in 100 Striche teilenden, sterilisirten Pipette, brachte ich das Wasser im Verhältniss von 0.1 und 0.5 cc in eine vorher sterilisirte PETRISCHE Schale; dann wurde Nährgelatine hinzugefügt und das Wasser durch Neigen und Drehen der Schale mit dem-

selben sorgfältig gemischt, und die Mischung wurde in ein kaltes Zimmer gestellt, bis sie völlig erstarrte. Darauf wurde diese Schale in ein Thermostat von 18–20° C getan, um sie zu kultivieren. Die definitive Zählung der entstandenen Kolonie wurde immer am vierten Tage vorgenommen. Um die biologischen Eigenschaften der entwickelten Keime weiter zu untersuchen, nahm ich eine Ueberimpfung derselben auf verschiedene Nährböden vor. Insbesondere bei den Untersuchungen der Coli-arten wandte ich als Vorversuch die „Presumptive Test“ der amerikanischen Forscher und die BULIRSche Methode neben einander an, um die Gasbildung zu bestimmen; und um die genannten Arten aus den Gasentwickelndem Gärungsröhrchen zu isolieren, züchtete ich die Rohkulturen weiter auf ENDOSchem Agar. Die rotgefärbten Kolonien, die auf den ENDO-agar Platten gediehen, wurden noch einmal auf die anderen Nährböden übergeimpft, um die biologischen Eigenschaften derselben näher zu bestimmen.

Ich benutzte bei sämtlichen Versuchen die folgenden Arten von Nährböden:

1. Bouillon.

LIEBIGScher Fleischextrakt.....	10.0 g.
Kochsalz	5.0 g.
Pepton siccum.....	10.0 g.
Wasser	1000.0 cc.

(Nach sorgfältiger Neutralisierung mit normal Natronlauge, dem 1.5 g reines Natroncarbonatkristall zugesetzt wurde, wurde das Ganze schwach alkalisch gemacht.)

2. Dextrose-haltige Bouillon.

Bouillon (Siehe 1.) mit 1 % Dextrose.

3. Mannit-haltige Bouillon.

Bouillon (Siehe 1.) mit 1 % Mannit.

4. Bouillongelatine.

Bouillon (Siehe 1.)	1000.0 cc.
Gelatine	120.0–150.0 g.

5. Bouillonagar.

Bouillon (Siehe 1.)	1000.0 cc.
Agar	15.0–20.0 g.

6. Kaliumnitrat Gelatine.

Bouillongelatine (Siehe 4.) mit 1 % Kaliumnitrat.

7. ENDO-agar.¹⁾

Neutral reagierenden 3 % Bouillonagar (Siehe 5.)	1000.0 cc.
10 % Natriumcarbonatlösung	10.0 cc.
Concentrische alkoholische Fuchsinlösung	5.0 cc.
Frisch hergestellte 10 % Natriumsulfitlösung	25.0 cc.
Reiner Milchzucker	10.0 g.

(Er ist vor Licht geschützt aufzubewahren.)

8. Soja-lösung.²⁾

Japanische Soja	10.0 cc.
Wasser	900.0 cc.

(durch Normal-Natronlauge sorgfältig neutralisiert und 1 g Natroncarbonat Kristall zugesetzt.)

9. Soja-Gelatine.

Soja-Lösung (Siehe 8.)	1000.0 cc.
Pepton	5.0 g.
Gelatine	100.0–120.0 g.

1) ENDO, Ueber ein Verfahren zum Nachweis der Typhusbacillen.—Centralbl. f. Bakteriologie etc., Abt. I, Bd. 35, 1904.

2) HATTORI, Ueber die Brauchbarkeit japan. Soja als Kulturmedium f. d. bakteriolog. Untersuchungen.—The Bot. Magazine, Tokyo, Vol. 25, 1911.

10. Milch.

Frische Kuhmilch, nach diskontinuierlicher Sterilisation als Nährlösung verwendet.

11. Kartoffeln.

Gekochte Kartoffeln in Stücke geschnitten, die in ihrer Form den Reagenzgläsern angepasst waren.

V. Ueber die Wirksamkeit und über die Geschwindigkeit der Sandfiltration.

Wie bereits erwähnt, kam bei den japanischen Wasserleitungen, mit Ausnahme derjenigen von Kyoto, allgemein das langsame-Sandfiltrationssystem zur Anwendung. Dieses System wurde bekanntlich im Jahre 1829 nach dem Entwurf von J. SIMPTON bei der Chelsea Water Co. in London zuerst angewandt. Seitdem haben WANKLYN und P. FRANKLAND festzustellen versucht, ob die im Wasser vorhandenen organischen Substanzen auf diese Weise wirklich entfernt werden könnten, aber sie gelangten zur Ueberzeugung, dass dieses System den erwünschten Zweck nur mangelhaft erfüllte. Nachdem die Untersuchungen des Wassers auf Bakterien hin in Mode gekommen waren, und infolgedessen die hygienischen Ansichten bezüglich derselben sich mehr geklärt hatten, stellten PLAGGE et PROSKAUER⁽⁴²⁾ und P. FRANKLAND⁽⁴⁵⁾ fest, dass sich die Bakterien nach der Filtration bedeutend verminderten. Man erkannte dann erst die biologische Bedeutung des Filtrationsprozesses.

Bei der Wasserreinigung durch Sandfiltration sind nach PIEFKE⁽⁴¹⁾ dreierlei Wirkungen zu unterscheiden nämlich: die mechanische, die physiologische und die chemische. Die Wirksamkeit der Sandfiltration ist von der Korngrösse des Sandes abhängig. Je kleiner die Korngrösse, desto grösser ist die Wirksamkeit. Aber wie kleine Sandkörner man auch anwenden mag, so können die

Zwischenräume zwischen den Körnern doch nicht so dicht sein, dass sie das Durchsickern von Bakterien ganz verhinderten, und durch die Versuche von FRAENKEL und PIEFKE⁽¹⁶⁾ wurde festgestellt, dass Bakterien durch die Zwischenräume der Sandpartikeln hindurch ins filtrierte Wasser gelangen. Es bleibt nun die Frage zu beantworten, wo und wie die Bakterien in der Filter gehemmt werden. Wie schon von PIEFKE⁽⁴¹⁾ darauf hingewiesen, wird das hauptsächlich durch die Schmutzdecke bewirkt, die sich oberhalb der Sandschicht bildet, d. h. wenn das Wasser in die Filter kommt, so gedeihen die Bakterien in den Sandschichten, so dass sie klebrig werden, und zwar häufen sich über die Oberfläche des Sandes Schlamm und verschiedene Substanzen, in denen viele Bakterien zum üppigen Wachstum gelangen. Dazu kommt, dass auch andere Mikroorganismen—*Chlorophyceen*, *Conjugateen*, *Diatomeen* u. s. w. zurückgehalten werden und hier gewaltig heranwachsen; alle diese vereinen sich mit einander, so dass sie unter Verschleimung des Filtersandes als Anhängelpunkt für anderere Bakterien dienen.

Die Wirksamkeit der Filteranlagen, abgesehen von der Eigenschaft des Rohwassers, ist natürlich mit der Korngrösse des Sandes und der Dicke der Schichten desselben eng verknüpft, und ferner auch von der Filtrationsgeschwindigkeit abhängig. Je grösser die Geschwindigkeit ist, desto leichter gehen Bakterien ins filtrierte Wasser über. Aber die Filtrationserscheinungen sind so kompliziert, dass diese Tatsache oft abgeleugnet wird. Bei der Züricher Wasserleitung z. B. ist nach dem städtischen Bericht⁽¹⁸⁾ die Höhe der Wirksamkeit infolge der guten Beschaffenheit des Rohwassers nicht von der Geschwindigkeit der Filtration abhängig. Wenn der Erfolg der Filtration hauptsächlich der Schmutzdecke zuzuschreiben ist, ist es selbstverständlich, dass die Zurückhaltung der Bakterien durch den Filter, welcher mit frischem oder gewaschenem Sand

gefüllt ist, verhältnissmässig niedriger ist, weil sich die Schleimhaut noch nicht vollständig und genügend gebildet hat. In dieser Beziehung machte PIEFKE⁽⁴¹⁾ mehrere Versuche und zeigte, dass die Wirkung des Filters erst im Verlauf von mindestens einer Woche nach dem Gebrauch vollkommen wird, und dass nachher die Wirksamkeit eine gewisse Zeit fort dauert.

Ich stellte daher besonders einige Versuche bei der Yokohamaer Wasserleitung an, um das festzustellen. Was den Bau des Filtrierungssystems der Yokohamaer Wasserleitung anbetrifft, so besteht die unterste Schichte der Filteranlagen aus Backstein, die je zwei und zwei auf einander gelegt sind, darüber befindet sich eine Kies-schicht, deren Korngrösse 2–3 cm beträgt, und die ca 10 cm dick ist. Daran schliessen sich Kies-schichten von 5–7 cm Dicke bei einem Korndurchmesser von 0.3–1.0 cm, von 45 cm Dicke bei einer Korngrösse von ca 2 mm, und von 20–25 cm Dicke bei einer Korngrösse von ca 1 mm stufenweise an. Die oberste Sandlage, ca 10 cm dick, besteht aus Sand, dessen „effektive Korngrösse“ 0.38 und dessen „Gleichförmigkeitskoeffizient“ 2.15 messen. Die Wasserschicht überschreitet einen Meter nicht. Wie schon erwähnt, wird das Rohwasser, vom Behälter des Dôshi-Flusses aus durch ein Eisenrohr, dessen Länge auf ca 52 km geschätzt wird, sogleich in die Filtern geleitet, um gereinigt zu werden. Es ist gewöhnlich klar und durchsichtig, aber nach starkem Regen pflegt es in der Regel getrübt auszusehen. Die Versuchsergebnisse fasse ich in den folgenden Tabellen zusammen.

TABELLE II.

DIE WIRKSAMKEIT DES FILTERS VON DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG. 1.

A. Beginn des Versuches am Oct. 3. 1908.

Betriebs- dauer des Filters	Wasserarten	Klarheit des Wasser	Wetter		Temperatur		Zahl der Bakterien in 1cc Wasser	Wirksam- keit der Filter in %
			Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
3 Std.	Rohwasser.	klar.	klar	trüb	17.0	16.5	157.5	4.8
	Filtr. Wasser.	„					150.0	
3 Tage.	Rohwasser.	klar.	trüb	klar	21.0	16.2	177.0	21.5
	Filtr. Wasser.	„					138.8	
6 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	„	19.5	15.5	193.3	82.9
	Filtr. Wasser.	„					33.0	
10 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	„	16.0	14.0	95.0	63.8
	Filtr. Wasser.	„					34.4	
21 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb	19.5	15.0	128.6	68.9
	Filtr. Wasser.	„					40.0	

B. Beginn des Versuches am Nov. 19. 1908.

2 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	klar	14.0	9.5	167.0	10.1
	Filtr. Wasser.	„					150.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	Regen	8.0	9.5	99.4	29.8
	Filtr. Wasser.	„					70.8	
12 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	klar	10.0	8.5	84.4	57.0
	Filtr. Wasser.	„					36.3	
19 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb	12.2	7.8	102.9	88.5
	Filtr. Wasser.	„					11.6	
29 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	Regen	8.0	7.2	172.7	90.5
	Filtr. Wasser.	„					16.4	

C. Beginn des Versuches am Jan. 15. 1909.

3 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	klar	5.0	4.0	172.6	39.5
	Filtr. Wasser.	„					104.4	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	Regen	7.2	3.5	148.2	52.0
	Filtr. Wasser.	„					73.1	
12 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	klar	8.5	6.0	248.0	54.0
	Filtr. Wasser.	„					114.0	
21 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb etwas Regen	8.0	4.5	227.0	72.2
	Filtr. Wasser.	„					63.0	

Den ersten Versuch habe ich am 3 Oktober 1908 und den zweiten am 19 November desselben Jahres beginnend angestellt. Beide machte ich zu einer Zeit, als die oberste Sandschicht mit frisch gewaschenem Sand gewechselt worden war. Es erforderte 7–10 Tage, bis die Wirksamkeit des Filters mehr als 50 % betrug. Es war mir nicht klar, warum sich beim ersten Versuch die Wirksamkeit nach 6 Tagen verminderte. Beim zweiten Versuch steigerte sich die Wirksamkeit täglich, aber leider konnte ich die Dauer derselben nicht länger beobachten, da die Trübung des Rohwassers bald ein Abkratzen der Schlammsschicht nötig machte. Soweit im Herbst und Winter das Rohwasser keine grosse Aenderung erleidet, erforderte es wenigstens eine Woche, bis die Wirksamkeit des Filters sicher wurde, wenn der alte Sand durch gewaschenen neuen ersetzt worden war.¹⁾ Im Frühling und Sommer steigert sich aber die Wassertemperatur und infolge dessen werden die Mikroorganismen zum üppigen Wachstum angeregt. Wenn man zu dieser Zeit die oberste einige cm dicke Sandschicht abkratzt und sofort, ohne sie durch neuen Sand zu ersetzen, gebraucht, geht die Schleimschichtbildung schneller vor sich und steigert demgemäss die Wirksamkeit des Filters in kürzerer Zeit. Beispiele dafür sind in den folgenden Tabellen angeführt.

1) Nach dem Bericht des Wasseruntersuchungsamts aus Taihoku auf Formosa soll es 5 Tage dauern, bis die volle Wirksamkeit eintritt.

TABELLE III.

DIE WIRKSAMKEIT DES FILTERS VON DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG. 2.

A. Beginn des Versuchs am April 28. 1909.

Betriebs- dauer des Filters	Wasserarten	Klarheit des Wassers	Temperatur		Wetter		Zahl der Bakterien in 1cc Wasser	Wirksam- keit der Filter %
			Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
24 Std.	Rohwasser.	klar.	20.0	14.5	klar	klar	168.0	70.2
	Filtr. Wasser.	„					50.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	18.5	18.5	trüb	trüb	158.0	82.0
	Filtr. Wasser.	„					28.3	
9 Tage.	Rohwasser.	klar.	19.5	14.5	„ etwas Regen	Regen	168.0	79.6
	Filtr. Wasser.	„					34.2	

B. Beginn des Versuches am Mai 4. 1909.

9 Std.	Rohwasser.	klar.	18.5	18.5	trüb	trüb	158.0	77.6
	Filtr. Wasser.	„					35.4	
2 Tage.	Rohwasser.	klar.	19.5	14.5	trüb etwas Regen	Regen	168.0	82.1
	Filtr. Wasser.	„					30.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar	18.5	15.0	trüb	trüb	154.0	80.5
	Filtr. Wasser.	„					30.0	

C. Beginn des Versuches am Sept. 20. 1909.

24 Std.	Rohwasser.	klar.	23.5	19.5	Regen	Regen	54.4	59.6
	Filtr. Wasser.	„					22.0	
8 Tage.	Rohwasser.	stark getrübt.	20.0	18.5	stark Regen	trüb	1133.3	97.5
	Filtr. Wasser.	klar.					28.0	
16 Tage.	Rohwasser.	klar.	18.5	16.2	Regen	„	297.0	91.9
	Filtr. Wasser.	„					24.0	

In der Tabelle sind mehr als 1100 Bakterienkeime pro 1cc berechnet; aber das gilt nur als Maximumzahl, und sie war dadurch verursacht, dass sich das Wasser wegen starken Regengusses, der während mehrerer Tage andauerte, sehr getrübt hatte.

Was den Filtrationsbetrieb anbetrifft, so ist die Wahl des Sandes natürlich von grosser Bedeutung; aber die Geschwindigkeit der Filtration darf niemals ausser acht gelassen werden. Nach

einer von KIRKWOOD⁽²⁴⁾ im Jahre 1869 aufgestellten Regel soll Rohwasser in einer Schicht von 12 Fuss im Verlauf von 24 Stunden (od. 3.9 Millionen Gallonen pro. Acre pro. Tag) filtriert werden. Diese Regel ist seitdem bei jeder Wasserleitung zur Anwendung gebracht worden, bis R. KOCH⁽²⁵⁾ eine Geschwindigkeit von 2.4 m in 24 Stunden die Regel machte, eine Regel, die auch heute noch bei den Filtrationssystemen beobachtet wird. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Zahl der Bakterienkeime, die ins gereinigte Wasser übergehen, von der Eigenschaft des Rohwassers und der Geschwindigkeit der Filtration abhängt, vorausgesetzt, dass die Zusammensetzung der Filteranlage vollkommen ist.

Wie schon FRAENKEL und PIEFKE⁽¹⁶⁾ durch probeweise eingerichtete Filter bewiesen haben, lässt eine schnelle Filtration zahlreiche Bakterien ins Filtrat übergehen. Nach den Mitteilungen der Lawrence-Wasserwerke, vermehrt sich die Zahl der Bakterienkeime im Filtrat beinahe im selben Verhältnis mit der Steigerung der Geschwindigkeit. Bekanntlich hat die Ab- und Zunahme der Filtrationsgeschwindigkeit einen wesentlichen Einfluss nicht nur auf den Betrieb der Wasserwerke sondern auch auf die Gesundheit der Bevölkerung.

Die Frage, ob die oben erwähnte Regel der Geschwindigkeit nicht auch bei den japanischen Wasserleitungen überschritten werden könne, möchte ich hier eingehender erörtern. Wenn die Zusammensetzung der Filteranlage vollkommen ist, dürfte die Geschwindigkeit, je nachdem die Beschaffenheit des Rohwassers gut oder nicht gut ist, ab oder zunehmen:—mit anderen Worten, wenn das Rohwasser gut ist, so dürfte auch die Geschwindigkeit eine grössere sein. Die Einrichtungen der langsamen Sandfiltrationen der japanischen und ausländischen Wasserleitungen sind meist nach den von KOCH bestimmten Vorschriften gemacht, unter

TABELLE IV.

KEIMGEGHALT DES WASSERS UND GESCHWINDIGKEIT DER SANDEFILTRATION
DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG.

Jahre		1 9 0 9									1 9 1 0					Mittel
Keimgehalt in 100 Wasser.	Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	218.6
	Max.	218.8	326.0	144.3	225.0	166.0	1133.3	625.0	154.0	115.0	1027.0	573.0	304.5	211.5	1581.0	
	Min.	168.0	112.0	50.0	70.0	84.0	54.4	52.0	36.0	73.0	102.0	94.5	101.5	96.0	101.0	
	Mittel	193.4	177.7	105.6	127.7	108.9	398.4	295.0	105.4	101.0	482.2	255.5	151.9	161.3	396.8	
	Max.	62.0	142.0	44.0	110.0	44.3	28.0	30.0	12.0	13.0	53.3	50.0	80.0	31.0	179.0	
	Min.	50.0	28.3	2.0	2.0	16.3	12.0	4.0	3.0	3.0	3.5	5.5	3.0	0.0	3.0	
Mittel	56.0	47.1	10.0	37.0	30.3	20.7	14.3	6.8	7.0	23.7	17.6	21.8	7.4	42.8	21.5	
Wirksamkeit der Filtration in %		71.0	73.5	95.3	71.0	72.2	94.8	95.2	93.7	93.1	95.1	93.1	85.7	95.4	89.2	88.0
Mittlere Filtrations-Geschwindigkeit in 24 Stunden in m		4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.7	4.6	4.1	4.1	5.8	5.8	6.4	7.1	6.5	5.2

ihnen bildet aber bei uns die Yokohamaer und in Europa die Züricher Wasserleitung eine Ausnahme. Die Filtrationsgeschwindigkeit der letzteren beträgt 26–28 cm pro Stunde—ja oft werden 13 m in 24 Stunden berechnet;¹⁾ trotz solcher grossen Geschwindigkeit ist die Wirksamkeit befriedigend. Das ist eine Folge der guten Beschaffenheit des Rohwassers und der ziemlich vollkommenen Einrichtung der Filteranlage.

In Tabelle IV sind die Ergebnisse der vom April 1909 bis Mai 1910 angestellten Untersuchungen an der Yokohamaer Wasserleitung, welche die grösste Geschwindigkeit in Japan besitzt, angeführt.

Diese Tabelle zeigt, dass die Geschwindigkeit sich auf 4.1–7.1 m, durchschnittlich auf 5.2 m beläuft, und dass die Wirksamkeit im Durchschnitt 88% beträgt. In der Tabelle fällt einem auf, dass der Keimgehalt des Rohwassers gewöhnlich zwischen 101.0 und 482.2 schwankt. Im September 1909 und im Januar und Mai 1910 belief sich, wie ersichtlich, die Keimzahl auf mehr als 1000. Solche Fälle treten nur selten auf, wenn das Rohwasser wegen strömenden Regengusses stark getrübt ist; aber die Filtration ist auch in diesem Falle immer vollkommen und die Wirksamkeit beträgt über 90%, wie die folgende Tabelle zeigt:

Datum	Keimgehalt im 1cc		Wirksamkeit der Filtration in %
	Rohwasser.	Filtr. Wasser.	
Sept. 28, 1909.	1133.3	28.0	97.5
Jan. 10, 1910.	1027.0	3.5	99.5
Mai 30, 1910.	1581.0	17.5	98.9

1) Siehe FRANKLAND (15) und auch BERTSCHINGER (4).

Bei den am 28 September entnommenen Proben wurden im Rohwasser viele Coli-arten nachgewiesen—dies bildet bei meinen Versuchen einen Ausnahmefall—da ich diese Bakterien nur selten in besonders trübem Wasser gefunden habe, während sie beim filtrierten Wasser niemals gefunden worden sind.

Obgleich die Geschwindigkeit der Filtration die ganze Periode hindurch doppelt so gross wie die vorgeschriebene war, blieben die Ergebnisse der chemischen sowie bakteriologischen Analyse vollkommen einwandfrei. Demach scheint die vorgeschriebene Geschwindigkeit von 2.4 m in 24 Stunde nicht immer befolgt zu werden brauchen, wenn die Beschaffenheit des Rohwassers gut ist; und ich glaube, es ist keine Gefahr vorhanden, selbst wenn das Wasser unter dieser Voraussetzung verhältnismässig schnell filtriert wird. Dies ist für die Reinigung des Wassers, besonders für japanische Wasserleitungen, welche verhältnismässig gute Wasserquellen haben, von grosser Bedeutung.¹⁾

VI. Die im Wasser aufgefundenen Bakterienarten nebst anderen Mikroorganismen.

Die im Rohwasser der Tokyoer- und Yokohamaer-Wasserleitungen aufgefundenen Bakterienarten sind verhältnismässig wenige und sie gehören meistens zu den nichtpathogenen Arten. Jeden Monat sind fast die gleichen Arten vertreten.

Die Resultate der 1907–1908 bei der Tokyoer-Wasserleitung angestellten Untersuchungen sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

1) Nach den Berichten der Taihoku-Wasserleitung in Formosa wird das Rohwasser dort stets mit einer Geschwindigkeit von 10 Fuss in 24 Stunden filtriert, und selbst wenn es mit einer Schnelligkeit von 30 Fuss behandelt wird, ist die Wirksamkeit der Filtration noch ausreichend.

TABELLE V.

BAKTERIENGEGHALT DES ROHWASSERS DER TOKYOER
WASSERLEITUNG.

Ort	Datum	Wetter		Temperatur		Klarkeit des Wassers	Mittlere Keimzahl in 1cc Wasser
		Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
Hamura Sakai	15 Apr. '07	trüb	klar, Wind stark	18.0	16.5	schwach getrübt	110
	"			"	14.5	"	245
Hamura Sakai	28 Apr. '07	trüb	trüb klar	25.5	17.0	"	90
	"			19.5	13.0	"	270
Yodobashi	7 Mai '07	trüb etwas Regen	Regen	17.5	18.0	mässig stark getr.	580
Hamura Sakai	12 Mai '07	klar	trüb, etwas Regen klar	18.0	15.5	schwach getrübt	240
	"			18.5	14.0	"	323
Yodobashi	25 Mai '07	trüb	trüb	20.2	18.2	mässig stark getr.	450
Hamura Sakai	2 Juni '07	trüb	klar trüb	27.0	21.0	klar	248
	"			25.0	18.0	"	318
Yodobashi	18 Juni '07	trüb	trüb	24.0	18.0	"	367
Hamura	2 Juli '07	trüb	klar	25.0	20.0	"	333
Hamura Sakai	17 Juli '07	klar	Regen	24.0	21.5	"	567
	"	"	"	29.0	21.8	stark getrübt	2383
Yodobashi	26 Juli '07	trüb	trüb	25.0	21.0	klar	390
Hamura Sakai	13 Aug. '07	klar	klar	25.0	20.0	stark getrübt	177
	"	"	"	28.0	19.0	"	337
Yodobashi	2 Sept. '07	trüb	trüb	27.0	22.0	schwach getrübt	110
Hamura Sakai	24 Sept. '07	trüb	klar	20.0	16.0	"	547
	"		"	21.0	16.0	"	773
Yodobashi	26 Oct. '07	klar	klar, Wind stark	16.2	15.0	mässig str. getrübt	1387
Hamura Sakai	1 Nov. '07	klar	"	17.0	11.0	"	317
	"		"	12.0	11.0	"	443
Yodobashi	19 Nov. '07	klar	trüb	13.0	12.0	"	1130
Hamura Sakai	8 Dec. '07	trüb	"	6.5	7.0	klar	163
	"		"	4.5	6.0	schwach getrübt	310
Yodobashi	23 Dec. '07	trüb	klar, Wind stark	5.0	5.0	"	857

Ort	Datum	Wetter		Temperatur		Klarkeit des Wasser	Mittlere Keimzahl in 1cc Wasser
		Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
Hamura	14 Jan. '08	klar	trüb	10.0	7.5	klar	190
Hamura	11 Feb. '08	klar	klar	9.0	7.0	„	78
Sakai	„	„	„	8.0	3.0	schwach getrübt	272
Hamura	22 März '08	trüb	klar, Wind stark	12.0	10.0	„	187
Sakai	„	„	„	8.0	6.0	„	430

Nach der obigen Tabelle zeigt sich ein merklicher Unterschied an den verschiedenen Orten bezüglich der Zahlen der aufgefundenen Keime: die Wasserprobe, welche bei Hamura (der Mündung des Tama-flusses in den Kanal) entnommen wurde, enthielt die wenigsten Keime; diejenige, welche bei Sakai entnommen war, zeigte mehr Keime, und die meisten Keime enthielt die Wasserprobe bei Yodobashi (Ende des Kanals und 52 km von der Mündungsstelle entfernt). Je mehr sich also das Gewässer dem Unterlauf nähert, um so grösser wird die Zahl der Keime.

Der Keimgehalt des Wassers ist überhaupt im Winter ein armer und im Sommer ein reicher; aber infolge Regengusses oder infolge anderer Ursachen finden oft Schwankungen statt. Davon wird in einem späteren Abschnitt die Rede sein.

Die im Rohwasser der Tokyoer-Wasserleitung häufiger aufgefundenen Keimarten sind die folgenden:

TABELLE VI.

DIE IM ROHWASSER DER TOKYOER WASSERLEITUNG AUFGEFUNDENEN BAKTERIENARTEN.
 +++ = reichlich vorhanden ++ = mässig + = selten — = nicht gefunden

Arten	1 9 0 7								1 9 0 8			
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März
<i>Bacillus aërophilus</i> LIBOSIUS	++	++	—	—	++	++	++	++	—	++	—	+
<i>B. disciformis</i> GRAFENHAIN	++	—	+	—	—	—	++	++	—	—	—	—
<i>B. fluorescens putidus</i> FLÜGGE	—	—	++	++	—	—	++	++	—	—	—	—
<i>B. fluor. tenuis</i> ZIMMERMANN	+	+	—	—	—	—	++	+	+	—	—	+
<i>B. fluor. mesentericus</i> TATAROFF	—	—	—	—	++	++	++	++	+	++	+	+
<i>B. fluor. liquefaciens</i> FLÜGGE	++	++	++	++	++	++	++	++	+	—	+	+
<i>B. fluor. non liquefaciens</i> EISENBERG	—	—	++	++	++	—	+	—	+	+	+	+
<i>B. subtilis</i> COHN	++	+	++	++	++	++	++	—	++	—	++	+
<i>B. aquatilis villosus</i> TATAROFF	—	—	++	++	++	—	—	—	—	—	—	+
<i>B. kermesinus</i> TATAROFF	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+
<i>B. implexus</i> ZIMMERMANN	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>B. brunneus</i> ADAMETZ	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>B. mycoides</i> FLÜGGE	—	—	—	+	++	++	++	—	—	—	+	+
<i>B. aurantiacus</i> FLANKLAND	—	++	++	—	++	—	—	+	+	—	—	—
<i>B. iridescens</i> TATAROFF	—	—	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>B. violaceus</i> ZOFT	—	+	+	—	—	—	—	—	—	+	—	+
<i>B. stellatus</i> ZIMMERMANN	—	—	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>B. vermiculosus</i> ZIMMERMANN	—	—	—	++	+	—	—	—	—	—	—	—

<i>Bacillus floccosus</i> KEIN	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-
<i>B. leptodermis</i> PURCHARD	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>B. ochraceus</i> ZIMMERMANN	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>B. aeruginosus</i> SCHÜTTER	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>B. coli</i> ESCHERICH	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>B. mesentericus</i> vulgatus FLÜGGE	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Bacterium brassicae</i> POMMER	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Micrococcus candidans</i> FLÜGGE	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. coralloides</i> ZIMMERMANN	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. aurantiacus</i> COHN	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. flavus</i> liquefaciens FLÜGGE	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. cinnabarinus</i> ZIMMERMANN	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. carnosus</i> ZIMMERMANN	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>M. urcae</i> COHN	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Sarcina flava</i> DE BARY	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>S. rosea</i> SCHÜTTER	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>S. carnea</i> GRUBER	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>S. lutea</i> FLÜGGE	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Streptococcus albus</i> TATAROFF	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Streptothrix chromogena</i> GASPERINI	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>St. albidus</i> ROSSI-DORIA	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+

Was die Yokohamaer Wasserleitung betrifft, so habe ich dort mehrere Versuche angestellt. Nach meinen Untersuchungen zeigt der Keimgehalt des Rohwassers hier im allgemeinen keine wesentlichen Schwankungen im Jahre. Infolge von Regengüssen erfährt das Wasser aber eine grössere Veränderung. Auf die einzelnen Monate verteilt, stellt sich das Resultat der Untersuchungen wie folgt:

TABELLE VII.

BAKTERIENGEGHALT DES ROHWASSERS DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG.

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
Januar	1909	15	5.0	4.0	trüb	klar	klar	172.6
		19	7.2	3.5	Schnee	etwas Regen	„	148.2
		24	8.5	6.0	klar	trüb	„	248.0
	1910	4	10.0	6.0	klar	klar	klar	216.0
		10	10.0	7.2	„	Regen	schwach getrüb	1027.0
		14	6.6	6.0	Regen	trüb	klar	946.7
		17	5.0	5.0	Schnee	trüb	„	102.0
		21	4.5	5.0	trüb	Schnee	„	320.0
		24	5.5	6.2	trüb	klar	„	404.5
		31	6.0	6.5	Regen	„	schwach getrüb	647.0
								523.3
Februar	1909	2	8.0	4.5	trüb	trüb	klar	227.0 227.0
	1910	4	5.9	5.0	klar	klar	klar	573.0
		7	6.2	5.0	„	„	„	168.0
		14	5.5	2.2	„	„	„	94.0
		21	5.0	5.0	Schnee	„	„	89.0
		28	5.5	6.5	Regen	trüb	„	304.0
								245.7

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 100 Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
März	1909	9	11.0	8.0	Regen	trüb	klar	164.0
		15	8.0	8.5	klar	„	schwach getrübt	310.0
		23	7.5	7.3	„	Regen	„	370.0
		26	10.5	8.0	trüb	Schnee	klar	386.0
		27	8.0	8.5	Schnee	klar	„	102.0
	1910	4	3.3	3.0	trüb	klar	klar	157.0
		7	5.5	5.2	klar	„	„	109.0
		14	6.5	5.0	„	„	„	101.5
		22	5.5	8.3	trüb	Schnee	„	143.0
		28	14.0	9.4	Regen	Regen	schwach getrübt	249.0
April	1909	2	11.0	8.5	klar	klar	schwach getrübt	218.8
		29	20.0	14.5	trüb	„	stark getrübt	168.0
	1910	4	12.0	8.0	klar	trüb	klar	149.0
		11	16.0	9.5	„	„	„	188.5
		18	17.0	11.9	trüb	„	„	96.0
		25	18.0	13.2	Regen	Regen	„	211.5
Mai	1909	4	18.5	18.5	trüb	trüb	klar	158.0
		6	19.5	14.5	etwas Regen	etwas Regen	„	168.0
		11	18.5	15.0	trüb	trüb	„	154.0
		18	19.5	15.0	klar	etwas Regen	mässig getrübt	326.0
		25	22.2	16.0	„	klar	klar	112.0
	1910	2	16.0	14.5	klar	Regen	klar	101.0
		9	18.5	15.0	„	„	„	103.5
		16	18.0	15.5	trüb	trüb	schwach getrübt	341.0
		18	18.0	15.0	„	Regen	klar	107.3
		23	18.0	15.0	„	klar	„	147.0
		30	18.0	15.0	Regen	„	schwach getrübt	1581.0

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
Juni	1909	15	22.0	17.5	trüb	trüb	klar	50.0
		19	19.0	17.0	klar	Regen	„	122.5
		23	22.0	17.0	„	trüb	„	144.3
	1910	6	20.5	17.7	Regen	Regen	klar	238.5
		7	20.7	18.0	„	klar	schwach getrübt	280.0
		13	22.5	18.4	klar	trüb	klar	101.0
		20	26.0	17.6	trüb	„	„	150.5
		27	22.0	17.6	Regen	„	„	97.5
		28	22.0	18.0	trüb	„	„	180.0
Juli	1909	9	20.5	17.5	Regen	Regen	klar	225.0
		13	25.5	17.5	trüb	trüb	„	106.6
		20	27.0	22.2	klar	„	„	70.0
		27	29.5	23.5	„	klar	„	109.0
	1910	4	19.9	19.2	Regen	Regen	klar	380.0
		11	23.0	20.0	„	„	„	291.5
		18	21.5	19.5	„	„	„	138.5
		24	24.9	22.5	„	„	„	33.5
August	1909	3	26.1	21.8	klar	klar	klar	84.0
		7	27.4	23.1	trüb	„	„	131.4
		10	25.5	23.0	klar	„	„	96.0
		17	29.9	23.1	trüb	„	„	92.0
		24	25.0	23.2	„	Regen	„	166.0
		31	26.5	22.5	klar	klar	„	84.0
	1910	1	27.5	20.0	klar	Regen	klar	132.5
		8	24.0	20.0	Regen	„	schwach getrübt	2999.0
		22	23.5	17.5	klar	klar	„	142.0
		29	27.0	19.5	Regen	Regen	„	264.0

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
September	1909	9	28.5	22.0	klar	klar	klar	55.0
		14	23.5	21.0	Regen	Regen	schwach getrüb	346.0
		21	23.5	19.5	„	„	„	54.4
		28	20.0	18.5	„	klar	sehr stark getrüb	1133.3
	1910	5	28.9	21.5	klar	klar	klar	66.5
		12	23.5	18.5	trüb	trüb	schwach getrüb	239.0
		19	19.0	17.0	klar	klar	„	137.0
		26	21.0	17.1	„	Regen	klar	155.0
October	1909	5	18.0	17.0	trüb	trüb	schwach getrüb	297.0
		12	18.5	14.5	Regen	klar	klar	206.0
		19	14.5	15.2	klar	Regen	„	625.0
		26	15.5	13.5	„	klar	„	52.0
	1910	3	16.5	16.2	trüb	Regen	klar	256.0
		10	20.0	16.4	Regen	„	„	431.0
		18	17.0	16.0	„	„	„	166.0
		24	16.5	15.0	klar	klar	„	144.0
		31	15.8	14.5	Regen	„	„	327.0
		November	1909	2	14.0	13.0	klar	trüb
9	14.5			12.0	Regen	„	„	141.0
16	12.5			10.1	trüb	klar	„	83.0
22	12.9			9.5	klar	„	„	36.0
30	13.5			9.2	Regen	„	„	154.0
1910	7		13.0	13.2	klar	klar	klar	35.5
	14		14.2	12.5	„	„	„	78.5
	21		10.2	10.0	„	„	„	32.5
	28		11.5	9.4	„	„	„	16.5
	30		11.4	10.0	„	Regen	„	227.5

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
December	1909	7	9.5	7.0	klar	klar	klar	73.0
		13	8.2	6.5	„	trüb	„	115.0
		20	4.9	5.0	„	„	„	115.0
	1910	2	11.2	11.0	Regen	trüb	klar	737.0
		5	9.0	9.2	klar	klar	„	45.0
		12	4.9	6.3	„	„	„	42.5
		16	6.0	6.2	„	„	„	51.0
		19	5.0	4.9	„	„	„	23.0
		23	3.0	4.0	trüb	„	„	59.0

Die Bakterienarten, welche im Laufe der Versuche häufig nachgewiesen wurden, sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

TABELLE VIII.

DIE IM ROHWASSER DER YOKOHAMER WASSERLEITUNG AUFGEFUNDENEN BAKTERIENARTEN.

+++ reichlich vorhanden ++ ...mässig + ...selten - ...nicht gefunden

Arten	1908			1909								
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.
Bacillus helveticus ZIMMERMANN	++	++	+	++	++	++	++	-	-	-	-	-
B. subtilis COHN	++	++	++	++	++	+	++	++	++	++	++	++
B. pseudococcus PANSINI	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. dermoideus TATAROFF	++	++	++	++	-	+	+	-	+	+	+	+
B. disciformis GRAFENHAIN	++	++	+	++	-	++	++	-	++	++	++	++
B. iridicus TATAROFF	-	++	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-
B. stellatus ZIMMERMANN	-	++	-	-	-	++	-	-	++	++	-	-
B. fluorescens mesentericus TATAROFF	-	++	++	++	-	++	++	++	++	++	++	++
B. fluor. liquefaciens FLÜGGE	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
B. radiatus ZIMMERMANN	-	-	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-
B. violaceus ZIMMERMANN	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
B. ochraceus ZIMMERMANN	-	-	-	++	++	++	-	++	++	++	++	-
B. brunneus ADAMTZ et WICHMANN	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
B. citrinus MASCHKE	-	-	+	+	+	++	++	++	++	++	++	-
B. chryseus ADAMETZ	-	-	-	-	-	++	++	++	-	++	++	++
B. aureus PANSINI	-	-	-	-	-	++	++	+	++	++	++	-
B. umbilicatus ZIMMERMANN	-	-	-	-	-	++	++	-	++	++	-	-
B. mucosus ZIMMERMANN	-	-	-	-	-	++	++	++	++	++	++	++
B. liquefaciens TATAROFF	+	-	-	-	-	-	++	++	++	++	++	++
B. fuscus FLÜGGE	-	-	+	-	-	-	-	++	++	++	++	++
B. mycoides FLÜGGE	-	+	-	+	-	++	++	++	++	-	++	++
B. megaterium DE BARY	-	-	+	-	-	++	-	-	++	++	++	-

Arten	1908			1909								
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.
<i>B. mesentericus roseus</i> ZIMMERMANN.....			-	-	-	-	-	-	++	++	-	-
<i>B. mesent. vulgatus</i> FLÜGGE	+ -	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	++	++	+ +	+ +
<i>B. prodigiosus</i> FLÜGGE	-	-	+ +	-	-	-	-	+ +	++	-	-	+ +
<i>B. proteus vulgaris</i> HAUSER.....		+ +	+ +	-	-	-	-	-	++	++	++	++
<i>B. prot. Zopfii</i> KUETH		-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++
<i>B. prot. mirabilis</i> HAUSER.....		-	-	-	-	-	+	-	-	++	++	++
<i>B. coli</i> EICHEICH		-	-	-	-	+ +	++	++	++	++	++	++
<i>B. aquatilis villosus</i> TATAROFF	+ +	+ +	+ +	+ +	+	++	++	++	++	++	++	++
<i>B. scotus</i> ADAMETZ		-	+ +	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>B. arborescens</i> FRANKLAND	-	-	+	+ +	-	+	-	+ +	-	-	-	-
<i>B. vernicosus</i> (Zopf) MAGULA	-	-	-	+ +	+	-	-	-	-	++	-	-
<i>Bacterium giganteum</i> KERN.....		-	-	+ +	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Micrococcus candidans</i> FLÜGGE	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>M. carnicolor</i> FRANKLAND.....	-	-	-	-	-	+	-	++	-	-	-	-
<i>M. albidus</i> HENRICI		-	-	-	++	++	++	++	-	++	-	-
<i>M. aerogenes</i> MILLER		-	-	+	++	++	++	++	+	++	-	+
<i>M. concentricus</i> ZIMMERMANN	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>M. flavus tardigradus</i> FLÜGGE.....	-	-	+ +	-	++	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. cinnabarinus</i> ZIMMERMANN.....	-	+ +	+ +	+	++	++	++	++	-	++	++	++
<i>Sarcina rosca</i> SCHÖTTER	+ +	+ +	+ +	+	++	++	++	++	-	++	++	++
<i>S. lutea</i> SCHRÖTER		-	+ +	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>S. luteola</i> GRUBER	-	-	+ +	+	++	++	++	++	-	++	++	++
<i>S. aurantiaca</i> FLÜGGE	+ +	+ +	+ +	+	++	++	++	++	-	++	++	++
<i>Streptococcus albus</i> MACÉ.....	-	+ +	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Vibrio aureus</i> WEIBEL	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-
<i>Streptodirix chromogena</i> GASPERINI	+ +	+ +	-	-	-	++	++	++	+	++	++	++

Ein Blick auf die obige Tabelle lässt uns erkennen, dass im Rohwasser der Yokohamaer Wasserleitung im Winter in der Regel nur wenige und im Sommer zahlreichere Bakterienarten gefunden werden. Auch ist ersichtlich, dass die Differenz zwischen den beiden Jahreszeiten, ausser im Falle von Regengüssen, nicht besonders auffallend ist. (Darüber weiteres später!)

Wenn man die obigen Ergebnisse der Untersuchungen bei der Tokyoer- und Yokohamaer Wasserleitung mit einander vergleicht, so ersieht man, dass die Keimzahl der ersteren bei weitem grösser ist als die der letzteren. Dieser Unterschied beruht hauptsächlich auf der Verschiedenheit des Niederschlagsgebietes des Rohwassers beider Wasserleitungen. Das Rohwasser der Yokohamaer-Wasserleitung wird nur selten verunreinigt, weil es durch eine Berggegend, die arm an bestellten Feldern und Dörfern ist, fliesst, und weil es von der Mündungsstelle bis zur Filteranlage durch ein Eisenrohr (ca. 50 km lang), durch welches keine Verunreinigungen von aussen eindringen können, geleitet wird. Dagegen ist es unvermeidlich, dass das Rohwasser der Tokyoer-Wasserleitung leicht verunreinigt wird, da nicht nur der Flusslauf des Rohwassers viel länger als der des Rohwassers der Yokohamaer Wasserleitung ist, sondern da das Wasser von der Mündungsstelle bis zur Filteranlage durch einen offenen Kanal geleitet wird, dessen Länge sich ebenfalls auf 50 km beläuft.

Was die Schimmelpilze betrifft, so sind die Arten von *Aspergillus albus*, *Asp. nidulans*, *Asp. glaucus*, *Asp. niger*, *Penicillium glaucum*, *Pen. leucocephalum*, *Mucor mucedo*, *M. racemosus*, *Verticillium glaucum*, *Cladosporium herbarum*, *Stysanus microsporus*, *Macrosporium* sp., *Monilia* sp., *Botrytis* sp. am meisten vertreten, von denen die Arten von *Cladosporium*, *Monilia*, *Stysanus*, *Botrytis* meistens im Sommer und die übrigen Arten während des

ganzen Jahres ohne merkliche Schwankungen aufgefunden werden. Im übrigen kommen einige Arten von Saccharomyceten, von Rosa-Hefe und von Wasserpilzen besonders *Saprolegnia* und bisweilen *Leptomitus* vor.

Dass die Filterwirksamkeit hauptsächlich auf der Tätigkeit der Schleimhaut, die sich auf der Oberfläche der Sandkörner bildet, beruht, ist bekannt, und die Zusammensetzung dieser Haut hängt von der Beschaffenheit des Rohwassers, der Temperatur desselben und der Menge der im Wasser vorhandenen Mikroorganismen ab. Die von mir bei einigen Wasserleitungen in Japan festgestellten Bestandteile der Flora der Schmutzdecke, mit Ausnahme der Bakterien und der Pilze, setzen sich wie folgt zusammen.

TABELLE IX.

SCHMUTZDECKENFLORA VON EINIGEN JAPANISCHEN WASSERLEITUNGEN.

d—dominierend, h—häufig, s—selten.

Art	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
Anabaena Flos- aquae (LYNGBYE) BRÉB....				Juli, d.		
Calothrix Braunii BORN. et FL.....		Juli, s.				
Chroococcus turgidus NÄG.		Juli, s.				
Coelosphaerium Kütz- ingianum NÄG.....					Sept.-Oct., d.	
Lyngbya Hieronymusii LEMM.		Juli, s.				
Merismopedia glauca NÄG.	Juni-Juli, h.					
Amphora ovalis KG. ..						März, h.
Ceratoneis arcus KG. var.....	Juni, h.					
Cymbella parva W. SM.	"				Sept., s.	
C. ventricosa (KG.) CL. var. lunula MEISTER.						März, d.

Art.	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
<i>Fragilaria capucina</i> DESM.....	Juni-Juli, h.				Sept., s.	
<i>F. crotonensis</i> (EDW.) KITT.				Juli, s.		
<i>Melosira granulata</i> PR. var. <i>australiensis</i> MEISTER				{ Aug., d. { Sept., d. { Juli, s.		
<i>M. varians</i> AG.	Juni, h.	Juli, h.		{ Sept., d.	Oct, s.	{ März, h. { Juli, h.
<i>Microneis gracillima</i> MEISTER	"					
<i>M. microcephala</i> CL. ...	Juni, d.					
<i>Navicula contenta</i> GRUN.	Juni, d.					
<i>N. gibba</i> DONK.						März, h.
<i>N. lanceolata</i> KG.	Juni, h.				Sept., s.	"
<i>Neidium bisulcatum</i> CL. var. <i>turgidulum</i> MEISTER	"					März, h.
<i>N. Iridis</i> (EHR.) CL.	"					
<i>Nitzschia communis</i> RABH.	"					
<i>N. linearis</i> W. SM.	"			Sept., h.		
<i>Surirella linearis</i> W. SM.	"					
<i>S. splendida</i> KG.	"	Juli, h.	Juli, s.			
<i>Synedra rostrata</i> MEISTER	"					
<i>Tabellaria flocculosa</i> KG.	"			Juli, h.		
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) EHR.		Juli, h.				
<i>Cosmarium vexatum</i> WEST		"				
<i>C. impressum</i> ELFV. ...		"				März, s.
<i>C. undulatum</i> CORDA ..	Juni, h.					
<i>Desmidium Swartzii</i> AG.		Juli, h.				
<i>Mougeotia parvula</i> (HASS.) KIRCHNER ..	Juni, h.	Juli, h.				
<i>M. scalaris</i> HASS.	"	"				
<i>Spirogyra majuscula</i> KG.	"	"				
<i>S. Hantzschii</i> RAB.	"	"	Juli, d.		Aug., d.	
<i>S. jugaris</i> KG.	"		"	Juli, h.		
<i>S. longata</i> (KG.) KIRCHNER					"	
<i>S. porticalis</i> (MÜLLER) CL.		"	"			
<i>S. Weberi</i> (KG.) KIRCHNER		"	"			
<i>Staurostrum gracile</i> RALFS					Oct., s.	
<i>St. spongiosum</i> BRÉB. ..					"	

Art	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
St. trapezicum BOLDT..	Juni, s.					
Zygnema insigne KG..			Juli, h.	Juli, d.		
Z. pectinatum (VAUCH.) AGAEDH.....		Juli, d.				
Z. stellinum (AG.) KIR- CHNER.				"		
Hormospora mutabilis NAEG.....				Juli, h.		
Conferva tenuissima GAY.				Juli, d.		
Oedogonium undulatum BREB.....			Juli, d.			
Oed. princeps WOLLE..			"			
Pediastrum duplex MEYEN		Juli, s.				
P. duplex MEYEN var. asperum A. BR.	Juni, h.					März, s.
P. Tetras (EHR.) RALFS.	"					
Polyedrium lobulatum NAEG.....		Juli, s.				
Scenedesmus obliquus (PURP.) KG.	Juni, s.					
S. quadricauda (TURP.) BREB.....		"				
Ulothrix oscillarina KG.		"				
U. zonata KG.		"	Juli, s.	Juli, h.		
Chantransia pygmaea KG.....		"				

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche besonders bei den Filtern der Yokohamaer Wasserleitung vom Frühling 1909 bis zum Sommer des nächsten Jahres angestellt wurden, sind in der folgende Tabelle gezeigt.

TABELLE X. SCHUTZDECKENFLORA DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG.

d-dominierend, h-häufig, s-selten.

Arten	1 9 0 9							1 9 1 0							
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni
<i>Amphora ovalis</i> Kg.	h	s	s	h								s	h	h	h
<i>A. ovalis</i> Kg. var. <i>pediculus</i> V. II...		h		h					s	d	h		h		
<i>Ceratoneis Arcus</i> Kg. var. <i>flattoriana</i> MEISTER.....	h	h	h	h			h	h	h	d	h	h	h	h	s
<i>Cymbella tumida</i> V. II.....		h	h	d	s	d	h	h	d	d	h	h	h	h	h
<i>Cocconeis placentura</i> Em. var. <i>lineata</i> V.H.....		h	h	s								h	h	h	h
<i>Diatoma hiemale</i> HEB.		h		s		s	s	s	d	d	h	d	h	h	
<i>Fragilaria virescens</i> KALHS.		d	h		s	d		s	d	d	h	h	h	h	h
<i>F. capucina</i> DESM.		h		h		s			h	d	h	h	h	h	
<i>Gomphonema olivaceum</i> Kg. var. <i>tenellum</i> CL.														h	
<i>Gyrosigma attenuatum</i> RABH.							s						s		s
<i>Melosira varians</i> Ag.	h	h	d	d	h	d	d	d	d	d	h	d	d	d	d
<i>Navicula dicephala</i> W. SM.				h		h								h	h
<i>N. lanceolata</i> Kg.....	d	d	h	d	d	d	h						h	d	h
<i>Nitzschia acicularis</i> W. SM.	d	d	h	h	d	d	h						d	d	d
<i>Nit. communis</i> RABH.....	d	d	h	d									d	d	d

Arten	1 9 0 9								1 9 1 0						
	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni
<i>Rhoicosphenia curvata</i> GRUN.		h													s
<i>Stauroneis anceps</i> EHRL. var. <i>elongata</i> CL.			d			h							h		
<i>Surirella biseriata</i> BRÉB.			h			s		s		s					h
<i>Synedra dorsiventralis</i> MEISTER							h	h	d	d	h	h	h	h	h
<i>Sy. rostrata</i> MEISTER.		h	h	d		s			d	d	h		h		
<i>Sy. Ulua</i> EHRL. var. <i>splendens</i> BRUN	d	d	h	d	s	d	h	h	d	d	h	h	h	h	h
<i>Closterium moniferum</i> (Bory) EHRL.								s	s						
<i>Cosmarium obtusatum</i> SCHMIDLE		s	s	h		s	h			s			s	s	s
<i>C. contractum</i> KIRCHN. var. <i>ellip-</i> <i>soides</i> WEST.									s	s			s		
<i>C. undulatum</i> CORDA.								s	s	s				h	
<i>Spirogyra Hasselii</i> JENNER.			d												
<i>S. longata</i> (Kg.) KIRCHNER.				h				s	s						
<i>S. mirabilis</i> (HASS.) Kg.			d											h	
<i>Cladophora Kützingeriana</i> GRUN.												d	h		
<i>Ulothrix zonata</i> Kg.															

Aus den obigen Tabellen kann man ersehen, dass die vertretenen Arten der Flora der Schmutzdecke bei einigen japanischen Wasserleitungen aus Diatomeen, Chlorophyceen, Conjugateen, und Schizophyceen bestehen, und zwar am häufigsten aus denjenigen, die den Conjugateen und Diatomeen angehören. Ein fast gleiches Resultat hat KEMNA⁽²³⁾ bei Untersuchung der Antwerpener Wasserleitung erzielt.

VII. Ueber die periodischen Schwankungen des Bakteriengehaltes im Rohwasser.

Es wurde schon von MIQUEL⁽³⁸⁾ nachgewiesen, dass der Keimgehalt in der Luft infolge meteorologischer Verhältnisse merkliche Schwankungen erleidet. Neuerdings hat SAITO⁽⁴⁷⁾ diese Tatsache bestätigt. Es ist durchaus verständlich, dass die Bakterienkeime im Wasser durch die Temperatur oder durch die Regenmenge beeinflusst werden. In welcher Weise aber der Keimgehalt in den verschiedenen Jahreszeiten beeinflusst wird, darüber herrschen widersprechende Ansichten. Nach den Untersuchungen von MIQUEL⁽³⁹⁾ und FRANKLAND⁽¹⁹⁾ sind die Bakterienkeime im Flusswasser reichlicher im Winter als im Sommer zu finden. Hingegen erhielt TILS⁽⁵⁵⁾ bei Untersuchungen der Freiburger Wasserleitung ein entgegengesetztes Resultat und er hat ferner darauf hingewiesen, dass die Schwankungen im Vorkommen der Keime in den Gewittermonaten bedeutend grösser und plötzlicher sind als in den Monaten der kälteren Jahreszeit.

Was nun den Einfluss des Regens und Schnees auf den Keimgehalt anbelangt, so ermittelte SCHLATTER⁽⁴⁹⁾, dass der Keimgehalt nach einem Regen- und Schneefall auffallend zunimmt. Auch LIBBERTZ⁽³⁴⁾ gelangte bei der Frankfurter Wasserleitung

zum gleichen Resultat. Nach MIQUEL⁽³⁹⁾ ist der Einfluss des Regens auf die Wasserkeime im Winter sehr gross, nach der Ansicht von KISSKALT⁽²⁵⁾ ist aber der Bakteriengehalt von Flusswasser im Frühling und im Winter am grössten; die Schwankungen hängen bei mässig gutem Wasser aber stets vom Regenfall ab. Ferner bestätigte TÖYAMA⁽⁵⁶⁾, dass der Keimgehalt im Wasser der Tokyoer Wasserleitung in Proportion zur monatlichen Regenmenge steht, und dass er sich nur im August zur Lufttemperatur proportional verhält.

Dass der Bakteriengehalt im Wasser mit den meteorologischen Faktoren, insbesondere mit dem Regenfall, in enger Beziehung steht, ist nicht zu leugnen; aber es lässt sich auch vermuten, dass edaphische Faktoren des Niederschlagsgebietes einen grossen Einfluss auf die Schwankungen in der Zahl der Wasserkeime ausüben.

Die von mir im Jahre 1907 an der Tokyoer Wasserleitung angestellten Versuche zeigten, dass Keime im Wasser vom Ende der Regenzeit im Sommer bis zum Früherbst in überraschender Menge auftraten, wie das aus der obigen Tabelle VI zu erschen ist. Dass die am 17 Juli sowohl bei Hamura als auch bei Sakai entnommenen Wasserproben verhältnissmässig zahlreiche Bakterienkeime enthielten, findet seinen Grund wohl darin, dass es an diesem Tage in jener Gegend regnete, und obgleich das Rohwasser damals bei Hamura noch keine merkliche Trübung zeigte, war es bei Sakai schon ziemlich stark getrübt. Bei einem anderen Versuch am 24 September wurden auch zahlreiche Bakterienkeime und zwar gleichmässig in beiden Wasserproben von Hamura und Sakai aufgefunden. An jenem Tage war das Wetter ganz klar, aber das Wasser war infolge häufiger Regengüsse in diesem Monat mehrmals etwas getrübt.

Vergleichen wir die Ergebnisse der bei Hamura und bei Sakai angestellten Versuche, so sehen wir, dass die aufgefundene Keimzahl an letzterer Stelle grösser war als an der ersteren. Das ist hauptsächlich eine Folge der benachbarten Bodenverhältnisse. Mehr oder minder dringen allmählich Verunreinigungen in das Wasser, was natürlicherweise eine Vermehrung von Wasserkeimen am Unterlauf des Kanals, der durch Dörfer und bebaute Felder fliesst, hervorruft.

Was die jährlichen Schwankungen des Keimgehaltes bei der Yokohamaer Wasserleitung anbelangt, so sind sie erheblich geringer als bei der Tokyoer Wasserleitung. Aus der Tabelle VIII ist ersichtlich, dass in einem Fall der Keimgehalt im Sommer grösser und im Frühling weniger gross war, dass im Winter die Zahl der Keime gewöhnlich am geringsten, und dass für die Schwankungen in der Keimzahl hauptsächlich der Regenfall verantwortlich war. Der monatliche Durchschnitt der Keimzahl erfährt eine grosse Veränderung, wenn das Rohwasser wegen Regens mehr oder weniger getrübt ist; dies ist in besonders hohem Grade der Fall, wenn plötzlich nach langem klaren Wetter starker Regen einsetzt. Es ist bemerkenswert, dass die Bakterienzahl im Wasser während der Regenperiode verhältnismässig gering ist. In der Regel fängt in Zentral-Japan die „Bai-u“ oder „Pflaumenregenzeit“ Anfang Juni an und dauert bis Mitte Juli, während welcher Zeit ein fast beständiger sanfter Regen fällt.

Der Keimgehalt des Rohwassers während der Regenzeit in der Yokohamaer Wasserleitung ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich :

TABELLE XI.

DER KEIMGEHALT DES ROHWASSERS DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG WÄHREND DER REGENZEIT.

Monat	Regenmenge	Regendauer	Regen- intensität	Keimgehalt im 1cc Rohwasser		
				Max.	Min.	Mittels
1909	Juni	222.8	18	12.4	144.3	50.0
	Juli	166.2	14	11.9	225.0	70.0
	August	157.3	10	15.7	166.0	84.0
	September	308.9	21	12.9	1133.3	54.4
1910	Juni	127.6	14	9.1	280.0	97.5
	Juli	253.6	13	19.5	380.0	33.5
	August	897.2	21	42.7	2999.0	132.5
	September	289.6	17	17.0	239.0	66.5

Die obige Tabelle zeigt, dass der Keimgehalt im Juni und Juli verhältnismässig gering war; im August, wenn die Regenzeit schon längst vorüber ist und meistens heisses, klares Wetter herrscht, kommen gleichzeitig oft starke Regenfälle vor. Im August 1910 regnete es vom 1. bis 10. sehr stark, so dass die Regenmenge 653.0 mm über die mittlere Jahresmenge stieg. Am 8. dieses Monats von mir ausgeführte Versuche zeigten, dass das Rohwasser ziemlich stark getrübt war, und dass 2999 Keime in 1cc Wasser gezählt wurden. Im August des vorhergehenden Jahres regnete es dagegen nur wenig, und infolgedessen wurden auch nur wenige Bakterienkeime gefunden. Im September regnete es fast täglich, und am 27. dieses Monats setzte ein heftiger Regen ein, so dass das Rohwasser am nächsten Tage stark getrübt war. Der Keimgehalt desselben steigerte sich plötzlich und betrug durchschnittlich 1133.3 (monatlicher Durchschnitt ca. 400). Wie

TABELLE XII. SCHWANKUNGEN IM FEGNUNGHEIT UND KEMGEHALTES IM ROHWASSER VON EINIGEN JAPANISCHEN WASSERLEITUNGEN.*

Ort	Jahr	Januar			Februar			März			April			Mai			Juni			Juli			August			September			Oktober			November			Dezember		
		R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.	R.M.	R.I.	K.G.						
Tokyo	1906	57.4	12.5	2000	122.1	16.7	1519	58.5	6.2	1917	26.7	4.4	3491	71.0	8.1	4954	176.9	10.3	7308	178.2	9.7	3100	273.7	23.0	2073	204.5	11.9	1897	220.7	14.7	3756	60.8	6.8	4704	29.4	7.8	1909
	1907	38.4	5.2	2110	1.4	15	1604	157.4	11.0	1509	142.1	13.1	2723	190.0	16.9	3894	169.7	10.0	5300	80.4	6.8	4423	274.0	12.1	9300	304.3	15.6	3909	206.9	22.4	3571	13.0	6.0	2154			
	1908	22.9	5.7	3219	29.3	5.9	1850	123.9	9.7	3495	151.0	15.4	3523	138.9	11.1	5100	209.5	12.1	3075	172.1	10.1	2295	203.5	12.5	775	374.1	21.8	1770	111.0	8.9	1709	13.5	3.7	5173			
	1909	80.7	8.0	650	29.5	5.3	1223	174.4	8.8	975	122.3	8.7	8475	175.0	16.1	607	150.1	8.6	2375	117.7	8.4	654	93.1	6.1	3170	298.0	17.3	2300	51.4	3.1	2522	67.4	7.5	2800			
	1910	83.8	4.3	2067	31.0	7.8	1227	49.3	6.1	2278	87.2	5.8	4423	163.9	11.6	3175	105.0	8.6	4750	175.2	8.8	4250	490.6	21.2	1350	191.0	10.0	5300	510.5	15.5	800	45.8	1.1	7600			
Mittel	56.6	7.1	2218	43.3	7.4	1540	111.7	8.1	2018	107.9	9.5	3350	140.0	12.8	3507	162.4	9.6	3906	146.5	8.8	2930	276.9	25.0	3711	271.6	15.3	5409	183.2	13.2	2470	56.7	6.8	4485				
Yokohama	1906	56.3	11.3	1039	165.9	13.8	154	90.9	10.1	1290	60.8	4.2	932	82.9	10.4	1123	125.7	8.4	794	528.0	37.7	92.0	251.9	27.9	70.5	186.1	11.6	1532	223.0	16.3	239.0	46.8	6.1	86.0			
	1907	71.3	7.1	1000	12.0	3.0	92	177.6	13.0	131.0	118.1	9.8	156.0	215.3	17.9	1734	245.0	15.8	1334	166.9	11.9	164.0	471.1	27.7	251.0	40.0	27.3	141.0	181.6	20.2	105.0	112.2	8.8	71.4			
	1908	21.5	1.5	84.0	41.2	10.3	71.1	151.9	13.6	64.0	130.3	23.1	156.0	136.2	22.9	96.4	211.5	15.1	80.1	113.8	8.3	95.0	471.1	28.5	111.0	39.4	20.6	3.1	146.0	12.1	38.0	93.3	13.3	10.0			
	1909	130.5	13.0	1816	33.4	6.7	227	180.3	14.7	367.4	283.9	22.0	190.9	223.7	17.7	183.0	222.1	14.1	104.4	22.6	11.8	127.0	157.5	15.7	109.9	308.8	12.9	37.2	65.0	6.5	263.0	70.6	9.9	105.0			
	1910	117.5	9.8	523.3	30.0	8.3	245.7	66.8	6.7	151.9	80.2	10.0	161.3	241.2	40.5	396.9	137.6	9.1	171.6	253.0	19.5	210.9	897.2	42.7	884.0	280.0	17.0	1474.0	329.8	14.3	264.8	58.3	11.7	78.1			
Mittel	87.2	9.3	300.0	60.5	8.1	1414.6	135.5	11.5	1478	144.7	11.8	1529	159.0	20.8	102.5	190.5	12.8	110.6	246.1	17.8	132.5	419.8	28.7	280.3	318.6	19.1	174.3	130.3	12.9	158.1	65.3	8.4	75.7				
Osaka	1906	58.6	6.2	2391	96.0	8.7	2621	39.6	4.9	1001	48.6	4.9	629	100.4	10.0	1123	185.4	10.1	1837	138.9	15.3	943	12.1	1.7	918	255.5	15.9	1773	176.8	13.6	1754	41.0	4.4	1293			
	1907	51.7	5.7	1040	33.7	3.6	548	97.4	6.5	917	107.3	8.2	694	116.8	10.6	354	199.4	16.5	1067	203.7	14.7	889	931.0	35.7	206	243.2	74.4	39.5	118.6	13.1	40.1	70.3	6.9	579			
	1908	38.6	3.9	432	21.3	2.6	279	85.6	5.4	355	249.1	15.5	749	74.0	7.4	439	125.8	8.9	279	87.1	6.2	820	106.7	7.6	276	146.5	11.2	599	138.5	11.5	78	23.9	2.4	69.3			
	1909	86.5	6.6	2300	40.0	3.6	1140	128.9	9.9	1094	130.0	10.8	526	128.6	11.6	1082	351.4	19.6	1323	38.6	4.4	936	20.4	2.9	554	236.5	15.6	1122	64.1	8.0	2059	45.4	6.8	1939			
	1910	89.4	4.2	2931	47.0	6.9	2064	95.5	6.8	2051	103.1	9.3	1300	90.0	6.9	1412	202.6	11.9	807	62.2	4.5	298	151.5	10.1	300	238.9	12.6	73.1	172.8	15.7	738	65.5	5.9	568			
Mittel	63.8	5.4	1939	47.6	5.3	1330	93.4	6.7	1325	127.7	9.7	777	103.9	9.3	1000	213.4	13.3	1053	120.5	9.0	777	103.9	7.6	328	236.3	13.9	992	134.2	14.2	1144	50.0	5.2	1061				
Kobe	1906	83.0	7.5	2271.5	102.7	9.3	386.0	60.7	4.7	485	68.2	6.8	783	130.3	10.0	1167	163.1	9.0	1883	355.0	13.9	1375	46.9	5.9	305	253.1	14.1	2997	123.4	11.4	2693	33.3	3.7	3035			
	1907	47.8	5.3	222.4	24.1	3.4	63.0	78.5	4.1	54	111.1	6.5	201	78.8	6.0	121	107.9	13.2	44	151.3	10.6	14.8	257.0	14.8	2.6	184.6	11.2	9.6	199	17.0	30.1	79.6	7.2	119.0			
	1908	33.7	3.4	47.4	3.5	290.5	82.7	4.5	114	17.4	5.5	100.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0			
	1909	65.9	5.4	211.0	31.8	4.0	125.0	91.0	7.2	56	136.7	7.9	103	60.3	6.9	125	377.1	13.8	78	45.0	4.8	240	27.5	3.4	52	226.0	13.2	32	64.5	8.0	423	53.4	7.6	86.0			
	1910	78.4	4.9	2224.7	78.0	7.8	79.1	90.7	5.6	540	133.5	7.3	213	62.5	5.2	412	203.8	12.0	343	74.6	8.3	289	143.8	7.6	350	222.7	29.2	306	132.5	12.0	521	54.3	5.5	254.0			
Mittel	61.8	5.3	222.6	52.8	5.6	170.7	89.3	5.5	2584	127.1	10.1	295	80.0	6.5	629	215.9	12.7	509	92.2	8.6	462	109.1	8.0	371	236.8	13.4	677	125.3	12.6	859	48.6	5.4	256.0				
Okayama	1906	40.2	4.0	309	11.0	2.7	11.9	3.4	—	630	6.3	620	132.6	8.8	672	146.9	8.9	715	91.2	8.3	541	18.2	2.0	669	257.7	16.1	534	133.9	10.3	477	15.7	1.9	222				
	1907	75.3	9.1	338	37.1	3.7	295	86.5	6.2	439	92.7	11.6	458	87.4	7.9	491	149.4	11.5	339	164.4	12.6	423	205.9	14.7	357	246.5	17.4	563	197.0	10.7	297	73.2	7.9	—			
	1908	35.1	4.4	860.9	9.4	2.5	80.0	107.5	10.7	645	147.1	9.8	1010	73.4	6.1	533	145.7	10.4	498	122.4	8.1	433	155.6	11.1	528	134.2	8.9	424	98.9	9.5	322	18.1	6.0	2925			
	1909	68.6	5.7	1353	42.4	4.7	253	100.3	7.7	724	90.6	8.2	708	68.5	6.2	453	288.2	17.5	1759	67.4	6.1	777	4	8.8	362	209.5	10.4	1480	64.1	12.9	723	54.8	7.8	550			
	1910	62.6	5.3	914	47.2	4.8	594	82.2	5.5	1131	74.4	5.7	907	62.7	4.8	1215	163.2	10.2	513	57.4	4.8	555	63.3	3.3	44	234.1	13.0	68	121.6	13.5	670	82.4	6.8	674			
Mittel	56.3	5.7	710	47.3	5.3	462	83.7	6.8	737	93.5	8.8	745	64.9	6.8	673	190.7	11.6	762	100.5	8.0	542	99.6	6.4	408	212.4	13.2	723	103.3	11.4	497	50.0	6.1	707				
Hiroshima	1906	72.9	7.3	300	115.0	11.5	230	84.7	6.5	339	102.4	10.2	321	209.1	13.8	212	109.9	15.7	413	103.1	10.9	419	114.1	11.4	124	243.2	14.3	633	129.8	8.6	2050	12.8	9.1	1327			
	1907	85.1	6.5	455	289.3	3.5	234	90.7	5.0	279	109.9	11.0	216	109.8	10.1	1137	109.9	16.8	1273	429.6	22.6	2705	116.5	16.6	655	246.8	16.4	464	98.3	8.9	663	88.0	6.8	620			
	1908	74.9	7.5	698	14.3	2.4	1043	102.7	7.9	437	236.1	22.7	1229	130.2	14.5	1015	347.0	21.0	864	184.8	10.8	954	122.7	8.2	654	117.2	11.7	537	154.4	17.1	513	28.0	3.6	299			
	1909	93.4	7.9	367	57.7	4.8	384	131.2	10.1	387	125.0	10.8	45	46.8	8.7	510	348.1	20.5	1154	101.1	14.6	1753	9.9	8.5	1164	503.8	21.0	4053	102.3	14.3	1339	5.6	55.4				
	1910	106.0	6.2	639	64.0	6.4	477	142.0	7.1	339	99.0	11.0	1235	137.0	9.0	803	349.9	17.4	877	139.0	9.9	528	96.8	8.0	724	425.0	9.3	1298	66.0	3.5	754	131.0	10.0	983			
Mittel	89.9	7.1	628	55.8	5.7	474	120.3	7.5	333	148.0	14.8	696	222.8	10.8	707	309.0	18.2	877	189.5	13.6	1292	91.8	10.5	887	303.2	18.3	1335	110.2	12.5	1001	59.4	5.9	757				
Nagasaki	1906	92.9	6.5	184	139.6	7.3	328	121.1	9.5	321	51.6	6.1	443	298.8	11.7	756	350.8	18.4	1612	84.4	6.0	1843	136.3	12.3	1422	333.3	22.7	1193	189.9	12.1	867	21.3	2.7	919			
	1907	82.0	5.4	448	77.7	5.0	397	124.5	6.2	420	172.1	14.4	572	164.7	15.4	588	25																				

erwähnt, zeigen sich die Wasserkeime in verhältnismässig nur geringer Menge bei feinem sanften Regen, wie er während der Regenzeit gewöhnlich herrscht, weil der anhaltende sanfte Regen den Boden des Niederschlagsgebietes gleichmässig durchdringt, und daher denselben nicht in einem solchen Grade wegspült, dass eine auffallende Verunreinigung des Wassers stattfinden könnte. Ferner werden die Luftkeime von einem anhaltenden Regen niedergeschlagen und erfahren eine bedeutende Verminderung. Wenn aber ein starker Regenfall nach anhaltend schönem Wetter plötzlich eintritt, so wird das Rohwasser schnell verunreinigt, und die Wasserkeime nehmen bedeutend zu, indem der Schlamm des schon ausgetrockneten Niederschlagsgebietes und gleichzeitig andere schmutzige Substanzen durch das Regenwasser in den Fluss geschwemmt werden. Es ist auch klar, dass die Luftkeime, die sich während des schönen Wetters reichlich in der Luft ansammeln, durch den Regen ins Wasser gelangen.

Das Resultat an der Tokyoer Wasserleitung, dass nämlich der Keimgehalt im Rohwasser im Sommer gross und im Winter verhältnismässig gering ist, steht im Gegensatz zu den Angaben von FRANKLAND und MIQUEL, und stimmt mit dem Resultat von TILS überein. Was aber die Yokohamaer Wasserleitung betrifft, so erreicht die Zahl der Wasserbakterien in der ersten Hälfte des Winters ihr Minimum und zeigt später nicht regelmässige Schwankungen. Zu der Intensität des monatlichen Regenfalls verhalten die Bakterien sich aber fast im gleichen Verhältnis.

Vergleichen wir die Bakterienschwankungen gemäss den Versuchsergebnissen, die von 1906 bis 1910 an den hauptsächlichen Wasserleitungen in Japan angestellt wurden (Tabelle XII) mit einander, so sehen wir, dass der Keimgehalt bei der Yokohamaer Wasserleitung im November und Dezember sein Minimum, und

im August sein Maximum erreicht. Bei der Wasserleitung in Kobe sowie bei der in Hiroshima ergibt sich das Minimum Anfang des Frühlings, ähnlich wie bei der Tokyoer Wasserleitung; das Maximum wird aber bei der ersteren im Oktober und bei der letzteren im September, d.h. am Ende des Herbstes, erreicht. Bei der Wasserleitung in Keelung sowie in Okayama tritt das Maximum des Bakteriengehaltes im November und bei der in Osaka im Januar ein, aber bei diesen Wasserleitungen wird das Minimum im Sommer d.h. im Juli und August erreicht; diese Tatsache stimmt mit den früher von MIQUEL, FRANKLAND und KISSKALT an anderen Orten berichteten Ergebnissen fast überein.

In der Umgebung von Keelung, das im Norden der Insel Formosa liegt, dauert die Regenzeit von Oktober bis März; während auf den Hauptinseln Japans, wo die oben geschilderten Wasserleitungen gelegen sind, die Regenzeit, wie schon erwähnt, meist Ende Mai oder Anfang Juni beginnt und bis Mitte Juli dauert, worauf die trockene Jahreszeit beginnt. Im August treten dann aber plötzlich starke Regenfälle ein und die Oberfläche des Bodens wird in einer Weise weggespült und weggerissen, wie das bei dem anhaltenden Regen der Regenperiode selten der Fall ist. Will man feststellen, in welchem Verhältnis die Keimzahl zur Regenmenge steht, so muss man erst die Regenintensität (d.h. die tägliche mittlere Regenmenge) ermitteln und dann das erhaltene Resultat mit der aufgefundenen Keimzahl vergleichen. Wenn wir so die Schwankungen der Regenintensität und der Keimzahl, wie sie in den obigen Tabellen aufgezeichnet sind, vergleichen, sehen wir, dass die beiden im selben Verhältnis zu einander stehen. (vergl. auch Tafeln V und VI.)

Wenn wir nochmals die monatliche Keimzahl in den Wasser-

leitungen in Tokyo, Yokohama, Okayama und Hiroshima betrachten, so sehen wir, dass der Keimgehalt zwischen März und April (meist zu Anfang dieser Periode) bedeutend zunimmt. In diesen Monaten war das Rohwasser oft merklich getrübt, obgleich kein grosser Regen im Niederschlagsgebiet der Wasserläufe gefallen war. Nach Beobachtungen, die ich an der Quelle der Tokyoer- und der Yokohamaer Wasserleitung anstellte, liegt der Grund wohl darin, dass um diese Zeit der Schnee auf den Bergen des Quellengebietes schmilzt. Der lange auf dem Boden liegende und der freien Luft ausgesetzte Schnee nimmt im Laufe der Zeit viele Keime auf, welche in der Luft sowie auf dem Boden vorhanden sind. Wenn dann der Schnee schmilzt, gelangen diese Keime in mehr oder weniger grösserem Grade in die Flüsse und Seen. Auf diese Tatsache haben auch FRANK⁽¹⁴⁾, SCHMELCK⁽⁵⁰⁾, BERTSCHINGER⁽⁴⁾ und KRUSE⁽²⁹⁾ schon hingewiesen.

In den Gebirgsgegenden des Niederschlagsgebietes des Wassers für die Wasserleitungen der oben genannten Städte, fällt im Winter Schnee, schmilzt aber nicht gleich, weil die Lufttemperatur dazu zu niedrig ist. Ende März steigert sich allmählich die Lufttemperatur, der Schnee schmilzt und das Schneewasser ergiesst sich schliesslich in die Flussläufe und Seen. Die Zeit der Schneeschmelze schwankt je nach dem Jahre, aber in den Quellengegenden der Okayamaer- und Hiroshimaer Wasserleitung dauert sie in der Regel bis Mitte März, und auch in den Quellengebieten des Wassers für die Tokyoer- und Yokohamaer Wasserleitung tritt sie gewöhnlich Ende März bisweilen Anfang April ein. In der Quellengegend der Wasserleitung in Nagasaki schneit es infolge der klimatologischen Verhältnisse äusserst selten, und Schnee, der dort eine auffallende Erscheinung ist, fiel während fünf Jahren nur dreimal: den 4. Februar 1906, den 30. Januar 1907 und den 11.

Februar desselben Jahres. Beim ersten Falle betrug die Menge des Schnees nur 89 mm, beim zweiten 46 mm und beim dritten 49 mm. Jedesmal war der Schnee am nächsten Tage schon vollkommen geschmolzen und verschwunden. Auch in dem nur kleinen Niederschlagsgebiet der Kobe Wasserleitung fällt sehr selten Schnee. Die Schneeschmelze kann also auf das Rohwasser dieser beiden Wasserleitungen keinen merklichen Einfluss ausüben. Der Yodo Fluss der das Rohwasser für die Osakaer Wasserleitung liefert, kommt aus einer weit entfernt liegenden Berggegend und fliesst dann ca. 80 oder 120 km durch eine Ebene. Viele Dörfer und auch einige Städte liegen an seinen Ufern. In den Yodo-Fluss münden die Nebenflüsse Kamo, Uji, Kitsu und Hotsu nebst zahlreichen anderen Zuflüssen. Daher kann die Schneeschmelze auf das Rohwasser der Osakaer-Wasserleitung keinen merklichen Einfluss ausüben. Das Niederschlagsgebiet der Keelung-Wasserleitung liegt den klimatischen Verhältnissen nach dicht an der Nordgrenze der Tropen. Dort fällt während des ganzen Jahres weder Schnee noch Reif, und die Winterregenzeit dauert von October bis Anfang April. Die Regenmenge ist sehr gross, so dass sich der jährliche Durchschnitt auf 5096 mm beläuft. Ja es ist vorgekommen, dass die tägliche Regenmenge 351.2 mm betragen hat. Der Durchschnitt der Regentage stellt sich auf 203.4. Der Keimgehalt nimmt in der Regel zu Anfang der Regenzeit zu und nach derselben ab, wenn auch gelegentlich Ausnahmen eintreten.

Aus der Tabelle XII (auch aus den Kurven der Tafeln V u. VI.) lässt sich erkennen, dass der Keimgehalt aller Wasserleitungen, mit Ausnahme derjenigen in Keelung, im Januar und Februar, also zur Zeit der grössten Kälte, eine Tendenz der Vermehrung zeigt. In Zentral-Japan ist die Regenmenge im Winter, in dem meist trockensten, klaren Wetter herrscht, so dass die Oberfläche des

Bodens ganz austrocknet, am geringsten. Es ist verständlich, dass die Schwankungen in der Keimzahl des Rohwassers nicht nur von den meteorologischen Verhältnissen beeinflusst werden, sondern dass auch die edaphischen Faktoren des Niederschlagsgebietes der Wasserleitungen einen merklichen Einfluss ausüben. Die Hauptursache der oben erwähnten Erscheinung, nämlich der Zunahme der Bakterienkeime im Rohwasser während des Winters, ist wohl darin zu finden, dass die Niederschläge, die in dieser Zeit stattfinden, leicht die trockene schmutzige Landoberfläche, den Staub etc., in den Flusslauf schwemmen. So wurde am 19. Januar 1909 der Keimgehalt in einer Rohwasserprobe aus der Yokohamaer Wasserleitung auf durchschnittlich 148.2 in 1 cc berechnet, als das Wetter an den beiden vorhergehenden Tagen sehr schön gewesen war; am 24. desselben Monats aber, als es ebenfalls an den beiden vorhergehenden Tagen im Niederschlagsgebiet etwas geregnet hatte, betrug der Keimgehalt durchschnittlich 248.0. Die am 17. Januar und am 21. Februar gewonnenen Resultate zeigten, dass die Keimzahl, trotzdem am Tage vorher Schnee gefallen war, im ersten Falle nur 102.0 in 1 cc und im zweiten nur 89.0 in 1 cc betrug, da es so kalt war, dass der Schnee noch nicht schmelzen konnte. Am 31. Januar war das Rohwasser durch Regen am Tage vorher schwach getrübt, und die Keimzahl stieg auf 647.0; am 28. Februar betrug sie 304.5. Hieraus kann man wohl schliessen, dass Schnee bei gleichzeitiger strenger Kälte keinen grossen Einfluss auf die Schwankungen des Bakteriengehaltes im Rohwasser ausübt, weil er nicht gleich schmilzt, dass aber ein selbst nicht starker Regen in der trockenen Winterzeit sofort eine Vermehrung der Wasserkeime hervorruft.

VIII. Ueber die jährlichen Variationen der Flora der Schmutzdecke.

Die Wirksamkeit des Filters hängt hauptsächlich von der Tätigkeit der Schmutzdecke ab und dabei sind die Mikroorganismen verschiedener Arten, die in der Decke üppig gedeihen, von grosser Bedeutung. Unter ihnen kommen, ausser den Bakterien, Diatomeen und anderen grüne Algen in Betracht.

Die jährlichen Variationen dieser grünen Mikroorganismen sind bisher nur mangelhaft beobachtet worden. Nach KEMNA⁽²³⁾ kommen in der Antwerpener Wasserleitung die Diatomeenarten, besonders *Melosia varians* und *Fragillaria capucina*, vielfach vor, und auch *Spirogyra tenuissima* ist häufig. *Hydrodictyon* kommt auch bisweilen und zwar in überraschender Menge vor. Wie Tabelle X zeigt, kommen in dem Filter der Yokohamaer Wasserleitung die Diatomeen am häufigsten vor. Unter ihnen nimmt *Melosia varians* die Hauptstelle ein. Sie entwickelt sich das ganze Jahr hindurch und es scheint, dass klimatische Verhältnisse keinen merklichen Einfluss auf ihre Entwicklung ausüben. Ihre Entwicklung ist bisweilen so üppig, dass die fadenartigen Verkettungen den Filtersand so dicht bedecken, dass die Sandlücken verstopft werden und infolgedessen die Betriebsdauer des Filters sich sehr verkürzt. Die demnächst am zahlreichsten vertretenen Arten sind: *Synedra ulna* var. *splendens*, *S. rostrata*, *Cymbella tumida*; aber diese Arten üben kein merkliches Hindernis auf den Filterbetrieb aus. *Diatoma hiemale* beginnen sich im Dezember und im Januar zu entwickeln und erreichen am Anfang des Sommers ihr Maximum; dann vermindern sie sich, bis sie Ende des Herbstes ihr Minimum zu erreichen pflegen. *Navi-cula lanceolata* und *Nitzschia acicularis* entwickelten sich üppig

gegen Ende des Frühlings bis Mitte des Herbstes und verschwanden im Winter völlig. Beide Arten entfalten eine grosse Ueppigkeit und bildeten auf der Sandoberfläche grünliche schlammartige Ueberzüge, die bei ihrer Dichtigkeit dem Filterbetrieb oft hinderlich waren. Im übrigen kamen *Fragillaria capucina*, *Amphora ovalis* und *Cocconeis placentura* während aller Jahreszeiten spärlich vor.

Was die Conjugaten-arten anbetrifft, so kommen in erster Linie *Cosmarium* vor, wenn auch nur spärlich; unter ihnen wurde *C. obtusatum* fast das ganze Jahr hindurch gefunden. Die *Spirogyra* Arten entfalteten sich nur mangelhaft, und unter ihnen entwickelten sich *S. mirabilis* und *S. Hasselii* vom Ende des Frühlings bis zur Mitte des Sommers am besten, ohne aber die ganze Filteranlage zu überziehen.

Bei der Wasserleitung in Taihoku kamen aber die *Spirogyra* Arten im Sommer in erstaunlicher Menge vor; überdies entwickelten sich *Mougeotia scalaris* in reichem Masse. Diatomeen und andere Grünalgen zeigten sich aber nur in geringer Zahl. Die ersteren Arten waren durch *Melosira* und *Synedra* vertreten, und die letzteren durch *Closterium*, *Polyedrium* und *Pediastrum*. Vereinzelt kamen auch Kolonien von *Calothrix Braunii* vor.

In der Filteranlage der Stadt Keelung bei Taihoku, entwickelten sich nur Fadenalgen üppig, und Diatomeen traten sehr spärlich auf. Unter den Arten der ersteren entwickelten sich *Spirogyra jugaris*, *S. Hantzschii* und *S. porticalis* am üppigsten; die *Zygnema*-Arten waren aber auch oft zu finden. Ausserdem entwickelten sich *Oedogonium princeps* und *Oe. undulatum* sehr kräftig. *Ulothrix zonata* kam nur selten vor und die Cyanophyceen Arten wurden niemals gefunden. Obgleich die grünen Algen im Sommer in grosser Zahl gediehen, gingen sie am Anfang des

Winters fast gänzlich zu grunde, und nur einige Diatomeen-Arten blieben in geringer Zahl übrig. Wir sehen also, dass in den beiden Wasserleitungen, welche den gleichen klimatischen Verhältnissen ausgesetzt sind, zu bestimmten Jahreszeiten fast die gleichen Organismen gefunden werden, und obgleich die Fadenalgen so reichlich gedeihen, so verhindern sie doch nicht den Betrieb des Filters.

Bei der Wasserleitung in Hiroshima kamen die Fadenalgen im Frühling und Herbst fast gar nicht vor, und unter den Diatomeen entfalteten sich *Melosira varians*, *Navicula lanceolata*, *N. gibba* und *Cymbella ventricosa* in ziemlich grosser Menge. *Pediastrum duplex* var. *asperum* und *Cosmarium* Arten traten nur selten auf. Bei der Wasserleitung in Kobe entwickelten sich die Fadenalgen im Sommer sehr üppig und zwar hauptsächlich *Conferatenuissima*, *Zygnema stellinum*, *Z. insigne* und *Spirogyra jugalis*. Auch die Ketten von *Anabaena Flos aquae*, welche vielleicht durch die Talsperre in die Filter geleitet werden, wurden oft in ziemlich reicher Menge gefunden. Im übrigen kamen oft Kolonien von *Hormospora* und *Gleocystis* Arten zahlreich vor. Unter Diatomeen war *Melosira varians* verhältnismässig selten aber *M. granulata* var. *australiensis* im August und September reichlich vorhanden.

Es ist klar, dass die Mikroflora eines Rohwassers, welches, wie bei der Wasserleitung in Kobe, aus einer Talsperre abgeleitet wird, sich von der Flora eines Rohwassers, das unmittelbar aus Flüssen abgeleitet wird, wie das z. B. bei der Tokyoer, der Yokohamaer und anderen Leitungen der Fall ist, mehr oder minder unterscheiden muss.

In der Tokyoer Wasserleitung finden sich in der Schmutzdeckenflora der Filteranlagen verhältnismässig nur wenige Algenarten. Vom Frühling bis zum Sommer waren hauptsächlich

Fadenalgen wie *Mougeotia parvula* und einige *Spirogyra* Arten zu finden, und ich konnte auch beobachten, dass Diatomeen wie *Melosira varians*, *Fragilaria*, *Ceratoneis* und *Navicula* Arten sich zu jeder Zeit ziemlich kräftig und zahlreich entwickelten.

Das Rohwasser der Wasserleitung in Nagasaki wird aus drei Talsperren in die Filter geleitet. In den dortigen Filter entwickelten sich die grünen Algen wie z. B. *Spirogyra* Arten in beträchtlicher Menge, und Diatomeen wie *Melosira varians*, *Cymbella parva*, *Fragilaria capucina* und *Navicula* Arten, entwickelten sich nur sehr schwach. Im Jahre 1910 entwickelte sich vom Spätsommer bis zum Ende des Herbstes *Coelosphaerium Kützingerianum* sehr üppig, so dass ihre massenhafte Entwicklung eine Verfärbung des Wassers verursachte und die Betriebskraft des Filters stark beeinträchtigt wurde. Auch einige Arten von Desmidiiden und Diatomeen wurden aufgefunden; diese übten aber keinen merklichen Einfluss auf die Betriebsfähigkeit des Filters aus.

Bei allen Wasserleitungen in Korea sind die Filter mit einer dicken Mauer überdeckt, um zu verhindern, dass das Wasser bei strenger Kälte zufriert. Die Sonnenstrahlen können daher nicht ins Innere des Filters dringen und verhindern so das Gedeihen grüner Algen, die dort niemals gefunden werden: ausnahmsweise kommen einige Diatomeen bisweilen vor.

IX. Allgemeines und Biologisches.

Wie schon im vorgehenden Kapitel erwähnt worden ist, so wird die Zahl der sich im Wasser befindlichen Bakterienkeime in erster Linie durch meteorologische Faktoren bedingt; es ist aber sicher dass ihre Zahl auch von den Verhältnissen der Luft und des Bodens in nicht geringem Grade abhängt. Wenn wir die

Bakterienarten der Tabellen VI und VIII mit den bereits von einigen Forschern in der Luft und im Boden aufgefundenen Arten vergleichen, so lässt sich feststellen, dass unter ihnen die eigentlichen Wasserbewohner nur einen verhältnissmässig kleinen Teil ausmachen. Will man daher eingehende Untersuchungen über die Wasserkeime anstellen, so darf man nicht unterlassen den Verhältnissen des Bodens, aus dem das Rohwasser hervorquillt oder durch den es fliesst, seine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Neuerdings hat CONN⁽¹¹⁾ bewiesen, dass sich im gefrorenen Boden besonders zahlreiche Bakterienkeime befinden. Daraus lässt sich schliessen, dass Wasser, welches ein derartiges Gebiet durchläuft, reich an Keimen sein muss. Wie schon erwähnt, zeigen die Keime im Rohwasser einiger japanischen Wasserleitungen im Winter die Neigung zur Vermehrung; dies lässt sich wohl auf die von CONN festgestellte Tatsache zurückführen.¹⁾

Die Isolierung des Coli-bacillus aus den Faeces von Cholera-Kranken durch ESCHERICH veranlasste die Hygiene dieser Tatsache besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Dieser Bacillus ist nicht bloss im Darm der Menschen, sondern auch im Exkrement von Vögeln und vom Vieh—ja sogar in dem von Kaltblütern vorhanden. Er kommt natürlich auch in den verschiedenen Wasserarten vor (Quelle, Brunnen, Flüssen etc.), sei es dass das Wasser durch die Faekalien kontaminiert ist oder auf andere Weise. KABRHEL⁽²²⁾ wies darauf hin, dass der Nachweis von Coli-Bacillen als Indikator für den Filtrationseffekt des Trinkwassers grossen Wert besitzt, und FROMME⁽¹⁷⁾ dass die quantitative Feststellung des Vorhandenseins dieser Bakterien für die Wasserbeurteilung unentbehrlich ist.

1) Nach dieser Richtung hin will ich im Niederschlagsgebiet der japanischen Wasserleitungen einige weitere Versuche anstellen.

Es ist sehr wohl möglich, dass das Vorhandensein des Coli-Bazillus als ein Merkmal dafür angesehen werden kann, ob das Rohwasser einer Verunreinigung ausgesetzt ist oder nicht. Es lassen sich aber zahlreiche Varietäten dieser Bakterien unterscheiden, welche in ihren biologischen Eigenschaften mehr oder weniger von einander abweichen, so dass es keine leichte Aufgabe ist die Art genau festzustellen. SMITH⁽⁵¹⁾ teilte diese Organismen nach ihren physiologischen Verschiedenheiten gegen Saccharose in 2 Subtypen ein, und neuerdings hat JACKSON⁽²¹⁾ sie in 4 Typen eingeteilt. Zum praktischen Gebrauch muss man in erster Linie bestimmen können, ob Coli-Arten im Wasser auftreten oder nicht. Dazu benutzte ich die Methode von EIKMANN⁽¹²⁾ und von BULIR⁽⁸⁾, sowie auch die von englischen und amerikanischen Forschern empfohlene „Presumptive Test.“ Bei der letzteren benutzt man Dextrose- Bouillon und das Laktose- Bile- Medium. Wie IRONS⁽¹⁹⁾ hervorhebt, ist die Dextrose- Bouillon selbst bei einer verhältnissmässig reinen Wasserprobe anwendbar, während die anderen Medien nach SAWIN⁽⁴⁵⁾ nur in Fällen, wo das Rohwasser verunreinigt ist, zur Anwendung geeignet sind.

Bei meinen Untersuchungen an der Yokohamaer Wasserleitung, deren Rohwasser nur selten verunreinigt wird, benutzte ich für die Differenzierung des Coli-Bazillus Dextrose- Bouillon sowie auch den BULIR'schen Nährboden. Nachdem ich auf diese Weise die Stärke der Gasbildung beobachtet hatte, versuchte ich aus den Röhren, in denen sich lebhafte Gase entwickelt hatten, durch besondere Nährböden¹⁾ die in Frage kommenden Bakterien zu isolieren. Die Resultate zeigten die folgende Zusammenstellung.

1) Ich gebrauchte stets ENDO-agar, welcher sich nach SCHÜRER's Versuchen besonders zum Nachweis von Coli-Bazillus eignet.

TABELLE XIII. DIE GASENTWICKLUNG IN DEXTROSE-HALTIGER
BOUILLON BEI WASSERKEIMEN.

R.w. = Rohwasser. F.w. = Filtriertes Wasser.

Versuchsdatum	Wetter		Klarheit des Wassers		Gasentwicklung in Gärungs- röhrchen, welche enthalten						Coli- Arten in	
					1 cc		5 cc		10 cc			
	Gestrig	Heutig	R. w.	F. w.	R.w.	F.w.	R.w.	F.w.	R.w.	F.w.	R.w.	F.w.
Feb., 4, 1911.	klar	klar	klar	klar	+	—	+	—	+	—	—	—
Feb., 17, „	„	trübe	„	„	+	—	+	—	+	—	—	—
Feb., 28, „	trübe	„	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
März, 3, „	klar	klar	schwach getrübt	„	—	—	+	—	+	—	+	—
April 18, „	stark regnet	trübe	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai, 9, „	klar	klar	klar	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai, 23, „	trübe	Regen	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni, 7, „	„	trübe	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni, 20, „	Sturm	klar	sehr stark getrübt	schwach getrübt	+	—	+	—	+	+	+	+
Juni, 26, „	trübe	Regen	schwach getrübt	klar	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli, 3, „	Regen	„	klar	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli, 6, „	klar	klar	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli, 10, „	„	„	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli, 17, „	Regen	Regen	schwach getrübt	„	+	—	+	—	+	—	+	—
Juli, 24, „	„	„	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli, 31, „	„	trübe	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Aug., 7, „	klar	Regen	stark getrübt	sehr schwach getrübt	+	—	+	—	+	—	—	—
Aug., 14, „	„	klar	klar	klar	—	—	—	—	—	—	—	—
Aug, 21, „	Regen	Regen	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Aug, 28, „	klar	klar	„	„	+	—	+	—	+	—	—	—
Sept., 4, „	„	„	„	„	+	—	+	—	+	—	—	—
Sept., 11, „	Regen	Regen	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept., 18, „	trübe	klar	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Sept, 25, „	„	trübe	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Oct., 2, „	„	„	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
Oct., 9, „	klar	Regen	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—

Aus dieser Tabelle ersehen wir, dass in einigen Gärungsröhrchen des öfteren eine nicht unerhebliche Gasbildung beobachtet wird, meistens ist das aber auf eine Einwirkung von Hefe oder von Dextrose gährenden Bakterien zurückzuführen. Es kommt nur selten vor, dass bei der Entwicklung des Coli-Bazillus eine eigene Gasbildung verursacht wird. Nach der Tabelle sind solche Fälle eigener Gasbildung bei Coli-Arten nur dreimal, und zwar am 3. März, am 20. Juni, und am 17. Juli in den entnommenen Wasserproben gefunden worden. In jedem Falle war das Rohwasser durch Regengüsse mehr oder weniger getrübt, besonders am 20. Juni war es wegen eines heftigen Sturmes am vorhergehenden Tage so stark verunreinigt worden, dass selbst das filtrierte Wasser in diesem Falle noch schwach getrübt war.

Soweit das Vorkommen des *Bacillus Coli* als Beweis für die Verunreinigung des Wassers gilt, kann behauptet werden, dass das Rohwasser der Yokohamaer Wasserleitung bei seinem Durchlauf durch die Niederschlagsgegenden nur selten verunreinigt wird. Obwohl in einigen Fällen Coli-Bakterien im Rohwasser gefunden wurden, so kamen sie doch (ausgenommen einen Fall am 20. Juni) in dem durch die Sandschicht passierten Wasser nicht vor. Das beweist, dass der Filtrierungsbetrieb der Yokohamaer Wasserleitung fast vollkommen ist.

Um das Vorhandensein von Anaeroben-Keimen festzustellen, benutzte ich einen etwas modifizierten Novyschen Apparat, in den einige Plattenkulturen eingestellt wurden; und das Luft enthaltende Gefäss wurde mit gereinigtem Wasserstoff-gas gefüllt. Nach Verlauf einer bestimmten Zeit konnte ich feststellen, dass die auf der Plattenkultur gewachsenen Kolonien meistens den in der Tabelle VI und VIII beschriebenen Arten angehörten, nämlich den fakultativen Anaeroben, und dass die eigentlich obligatorischen Anaeroben nicht

vorhanden waren. Wir können so die Tatsache feststellen, dass, um eine gewöhnliche Wasseruntersuchung vorzunehmen, dieses am besten vermittelt der aeroben Kultur geschehen kann.

Wie schon erwähnt dient die biologische Beschaffenheit der Flora der Schmutzdecke wesentlich zur Erhöhung der Filterwirksamkeit. Nach der Ansicht von LEMMERMANN⁽³³⁾ und später auch von STROHMAYER⁽⁶⁴⁾ übt eine üppige Algenvegetation (hauptsächlich: Diatomeen und Chlorophyceen) bei Tage eine auffallend hemmende Wirkung auf die Entwicklung von Bakterien aus. RUTTNER⁽⁴⁶⁾ gab bei der Prager Wasserleitung für die relativ niedrige Zahl von Bakterienkeimen im Frühling und Sommer auch dieselbe Ursache an. Es ist noch eine offene Frage, aus welcher physiologischen Einwirkung der Algen diese hemmende Erscheinung herbeigeführt wird. Der durch die Assimilationstätigkeit der grünen Organismen entwickelte Sauerstoff hat keine keimtötende Wirkung, wie das Ozongas; aber es ist wohl möglich, dass ein durch die üppige Entwicklung der Algenvegetation herbeigeführter Nährstoffmangel im Wasser die Vermehrung der Bakterien mehr oder minder verhindert. Nach meinen Untersuchungen fällt bei der Yokohamaer Wasserleitung die Zeit der üppigsten Entwicklung der Algenvegetation von April bis Juli; aber selbst in dieser Periode stehen die Schwankungen des im Rohwasser aufgefundenen Keimgehaltes in keinem besonderen Zusammenhang damit.

Ohne Zweifel verhindert die Schmutzdeckenflora in merkwürdiger Weise das Passieren der im Rohwasser vorhandenen Mikroorganismen durch die Filtersandschicht, so dass die Zahl der im filtrierten Wasser gefundenen Keime sehr vermindert ist. Aber sie ist auch im stande, die Menge der im Rohwasser gefundenen organischen Substanzen zu verringern, indem sie auf sie einen

chemischen Einfluss ausübt, PIEFKE⁽⁴¹⁾ betrachtete dies erst als eine durch den im Wasser gelösten Sauerstoff hervorgerufene Oxydation; später aber wies er nach, dass der Sauerstoff keine Oxydation bewirkt, sondern dass die organischen Stoffe, soweit dieselben vergärbare sind, von den Bakterien aufgenommen werden. Auch PLAGGE und PROSKAUER⁽⁴²⁾ finden, dass die chemische Wirkung der Flora im Verhältnis zu der sogenannten physiologischen nur eine geringe ist, und dass beide keinerlei Beziehung zu einander zeigen. BERTSCHINGER⁽⁴³⁾ glaubt jedoch auf Grund eingehender Untersuchungen des in den Züricher Wasserwerken filtrierten Seewassers, den Sandfiltern eine chemische Wirkung zuschreiben zu müssen und er fand im Durchschnitt von 3 Jahren, dass nicht nur eine Verminderung der organischen Stoffe sondern auch eine solche des Ammoniakgehaltes sowie der Menge von Albuminoid-ammoniak bemerklich ist. Auch KURTH⁽³²⁾ hat in den Bremer Wasserwerken eine Abnahme an Kaliumpermanganat festgestellt, glaubt dieselbe aber nicht allein auf eine Bakterieneinwirkung zurückführen zu müssen.

Wenn die Menge der im Wasser vorhandenen organischen Substanzen in der Wasserleitung in Yokohama vor und nach der Filtration mit der verbrauchten Menge von Kaliumpermanganat verglichen wird, so finden wird, dass sie im Durchschnitt von 3 Jahren 0.26 mg abnahm. (Die Resultate sind aus Tabelle XIV ersichtlich.) Vergleichen wie die monatlichen Schwankungen in der Menge organischer Substanzen, so ersehen wir, dass sie von Mai bis zum September verhältnismässig gross dagegen in den anderen Monaten nicht gross waren. Ziehen wir nun zum Vergleich die Zahlen von anderen japanischen Wasserleitungen an, so ergibt sich ein Bild wie die Tabelle XV es zeigt.

TABELLE XIV. DIE VERMINDERUNG DER ORGANISCHEN SUBSTANZ
IN 1L WASSER DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG
NACH DER FILTRATION.

Monat	Jahr	Rohwasser	Filtriertes- Wasser	Verminderte Menge nach Filtration
I	1910	1.75	1.50	0.25
	1911	1.46	1.32	0.14
	1912	1.32	1.20	0.12
II	1910	1.47	1.19	0.28
	1911	1.49	1.32	0.17
	1912	1.53	1.45	0.08
III	1910	1.66	1.41	0.25
	1911	1.88	1.58	0.30
	1912	1.42	1.35	0.07
IV	1910	1.78	1.44	0.34
	1911	1.80	1.50	0.30
	1912	1.50	1.40	0.10
V	1910	2.18	1.40	0.78
	1911	1.38	1.32	0.06
	1912	1.67	1.54	0.13
VI	1910	1.42	1.28	0.14
	1911	1.52	1.34	0.18
	1912	1.88	1.48	0.40
VII	1910	1.60	1.39	0.21
	1911	2.09	1.43	0.66
	1912	1.83	1.62	0.21
VIII	1910	2.07	1.41	0.66
	1911	1.65	1.45	0.20
	1912	1.58	1.56	0.02
IX	1910	1.51	1.22	0.29
	1911	1.56	1.31	0.25
	1912	4.11	2.31	1.80
X	1910	1.61	1.47	0.14
	1911	1.51	1.37	0.14
	1912	1.61	1.63	+ 0.02
XI	1910	1.47	1.36	0.11
	1911	1.48	1.38	0.10
	1912	1.80	1.88	+ 0.08
XII	1910	1.36	1.30	0.06
	1911	1.44	1.34	0.10
	1912	1.48	1.34	0.14
Mittel		1.69	1.43	0.26

TABELLE XV. MITTLERE MENGE DER ORGANISCHEN SUBSTANZ IN
1L WASSER DER TOKYOER UND ANDERER JAPANISCHEN
WASSERLEITUNGEN.*

Ort	Jahr	Organ. Substanz in mg bei der Reduction von $K_2Mn_2O_4$.			
		Rohwasser	Filtriertes Wasser	Vermin- derte Menge	Mittel
Tokyo	1909	1.33	0.58	0.75	0.80
	1910	1.23	0.53	0.70	
	1911	1.47	0.49	0.98	
	1912	1.30	0.54	0.76	
Osaka	1909	4.74	2.80	1.94	2.15
	1910	4.82	2.46	2.36	
	1911	4.66	2.49	2.17	
	1912	4.91	2.80	2.11	
Kobe	1909	5.49	1.80	3.69	3.66
	1910	5.72	1.55	4.17	
	1911	4.66	1.49	3.17	
	1912	5.03	1.42	3.61	
Okayama	1909	2.00	1.07	0.93	1.13
	1910	2.14	1.08	1.06	
	1911	2.33	1.11	1.22	
	1912	2.39	1.07	1.32	
Hiroshima	1909	3.35	1.79	1.56	1.25
	1910	2.75	1.53	1.22	
	1911	2.73	1.62	1.11	
	1912	2.41	1.30	1.11	
Nagasaki	1909	4.99	3.03	1.96	1.86
	1910	4.69	2.89	1.80	
	1911	5.18	3.21	1.97	
	1912	4.22	2.53	1.69	
Taihoku	1909	0.61	0.42	0.19	0.21
	1910	0.37	0.30	0.07	
	1911	0.59	0.36	0.23	
	1912	0.92	0.58	0.34	

* Diese Zahlen sind aus den Messungen, welche die Ingenieure der Wasserversuchsstation von Tokyo und andere Städten für mich freundlichst ausgeführt haben, entnommen worden.

Es ist auffallend, dass die organischen Substanzen in den japanischen Wasserleitungen nach der Filtration bedeutend abnehmen; besonders zeigt sich bei den Wasserleitungen in Kobe, Osaka und Nagasaki vor und nach der Filtration ein grosser Unterschied. Dass die organischen Substanzen sich infolge einer chemischen Zersetzung vermindern, während das Rohwasser durch die Sandschicht der Filteranlagen passirt, will man nicht der mechanischen Wirkung des Sandes zuschreiben, sondern man will dies auf die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen, besonders auf die der Bakterien und Algen zurückführen.

Wenn wir die Zahl der Bakterien, welche je nach der Tiefe der Sandsichten in den Filter der Yokohamaer Wasserleitung üppig gedeihen, berechnen, so gelangen wir zu den folgenden Zahlen :

TABELLE XVI. BAKTERIENGEHALT IN DER FILTERSANDSCHICHT DER YOKOHAMAER-WASSERLEITUNG.

Filter	Kulturreihe	Keimzahl in 1 cc Filtersand				
		Tiefe der Sandschicht in cm.				
		Oberfläche	10-15	20-25	35-40	70-80
I	No 1	720 000	160 000	160 000	300 000	—
	„ 2	580 000	200 000	160 000	340 000	—
	„ 3	340 000	100 000	220 000	280 000	—
	„ 4	390 000	500 000	140 000	350 000	—
	„ 5	210 000	510 000	240 000	370 000	—
	Mittel	448 000	294 000	184 000	328 000	—
II	No 1	1 480 000	—	420 000	380 000	—
	„ 2	2 120 000	—	320 000	360 000	—
	„ 3	1 640 000	—	320 000	320 000	—
	„ 4	860 000	—	260 000	300 000	—
	„ 5	1 700 000	—	210 000	430 000	—
	Mittel	1 560 000	—	306 000	358 000	—

Filter	Kulturreihe	Keimzahl in 1 cc Filtersand				
		Tiefe der Sandschicht in cm.				
		Oberfläche	10-15	20-25	35-40	70-80
III	No 1	880 000	1 220 000	—	1 000 000	6 460 000
	„ 2	1 200 000	—	—	800 000	7 340 000
	„ 3	620 000	—	—	—	6 670 000
	„ 4	790 000	890 000	—	1 100 000	6 570 000
	„ 5	1 050 000	880 000	—	1 100 000	—
	Mittel	908 000	996 700	—	1 000 000	6 760 000
IV	No 1	320 000	400 000	140 000	120 000	—
	„ 2	1 260 000	500 000	200 000	40 000	—
	„ 3	900 000	460 000	80 000	60 000	—
	„ 4	2 100 000	370 000	90 000	60 000	—
	„ 5	2 590 000	310 000	120 000	100 000	—
	Mittel	1 434 000	408 000	126 000	76 000	—
V	No 1	—	940 000	500 000	120 000	—
	„ 2	380 000	860 000	460 000	280 000	—
	„ 3	360 000	760 000	360 000	120 000	—
	„ 4	240 000	520 000	370 000	60 000	—
	„ 5	360 000	540 000	390 000	160 000	—
	Mittel	335 000	724 000	416 000	148 000	—

Die vorliegenden Ziffern beweisen, dass in der obersten Sandschicht (mit Ausnahme der Fälle in den Filter III und V) die Keime am reichlichsten sind, und dass sie in den tieferen Sandschichten weniger werden. Vor allem ist die Verminderung in den Filtern I, II und IV auffallend. Die Keimzahl beträgt gewöhnlich bei einer Tiefe von 20-25 cm nur ca. 1/3-1/10 derjenigen, die sich in der obersten Schicht befindet. Nach KÜMMEL⁽³⁰⁾ und PIEFKE⁽⁴¹⁾ nimmt die Keimzahl auch schon bei einer Tiefe von nur 5-10 cm unter der Oberfläche bedeutend ab und ist bei einer Tiefe von 20-25 cm nach PIEFKE nur ca. 1/5 so gross wie die Keimzahl an der Oberfläche, und nach KÜMMEL, nur ca. 1/40. Bei meinen Untersuchungen verminderte sich die Keimzahl in den Filter I und IV

in einer Tiefe von 10–15 cm ganz bedeutend. In den Filtern III und V war sie aber nicht immer gleich—sogar oft umgekehrt in den tieferen Schichten grösser. Erst vor 3 Jahren sind die Filtersandschichten der Filter IV und V erneuert worden, während bei den Filter I, II und III mehr als zehn Jahre seit der Erneuerung des Filtersandes vergangen sind. Die Schwankungen der Bakterienzahlen treten je nach dem Alter der Sandschichten an der Oberfläche bis zu 25 cm Tiefe nicht so bedeutend hervor, während sie über 35–40 cm tief bei solchen Sandschichten, welche schon lange benutzt worden sind, sehr viel grösser sind. Bei neueren Sandschichten, wie z. B. bei Filter IV und V, sind die Schwankungen verhältnismässig geringer. Das zeigt, dass mit der Zeit die unteren Sandschichten schmutzig werden.

Jedenfalls steht es fest, dass die Keimzahl um so geringer wird, je tiefer die Sandschicht, aber die Zahl vegetierender Bakterienkeime, die man in einer Filteranlage berechnen kann, ist erstaunlich gross. Diese Bakterien verrichten den Bau- und Betriebsstoffwechsel, so dass sie die Veranlassung zum Abbau der im Wasser gelösten organischen Stoffe werden. Nach TÖRYAMA⁽⁵⁶⁾ steht in der Tokyoer Wasserleitung der Gehalt der organischen Substanzen des Wassers im umgekehrten Verhältniss zur im Wasser vorhandenen Keimzahl.

Von den dominierenden Bakterienarten, welche in den Sandschichten der Filter der Yokohamaer Wasserwerke vorkommen, sind ausser den *Proteus* und *Mesentericus* Arten, *Bacillus subtilis*, *Bac. auratiacus*, *Bac. villosus*, *Bac. fluorescens liquefaciens*, *Bac. fluor. nonliquefaciens*, *Bac. mycoides*, einige *Micrococcus* Arten und *Streptothrix chromogena* in erster Linie vertreten. Es ist bekannt, dass von diesen Arten *Bac. subtilis*, *Bac. mycoides* und *Bac. fluorescens* mit den organischen Verbindungen eine kräftige Ammoniakbildung verursachen. (MARCHAL⁽⁵⁷⁾, BUTKEWITSCH⁽⁹⁾,

BAIL⁽²⁾, STERN⁽⁵²⁾). Nach M. MÜLLER⁽⁴⁰⁾ geht dieser Vorgang sogar auch bei einer niedrigen Temperatur kräftig vor sich. Auch *Mesentericus* sowie *Proteus* Arten und Heubacillen besitzen die Fähigkeit aus den N-haltigen organischen Stoffen Stickstoff zu entbinden. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass das Gedeihen dieser Mikroorganismen im Wasser die organischen Verbindungen in demselben sehr vermindert. Dazu kommt noch die denitrifizierende Wirkung im eigentlichen Sinne. Dieselbe findet bis zur Tiefe von 30 cm unter der Oberfläche statt—und bei alten Sandschichten sogar bis zur Tiefe von 70–80 cm,—und die Erreger für diesen Vorgang sind nach meinen Versuchen meist die *Bacillus fluorescens* Arten. Dass diese Bakterien eine denitrifizierende Wirkung ausüben, haben bereits KÜNNERMANN⁽³¹⁾ und CHRISTENSEN⁽⁴⁰⁾ bewiesen. Wie schon ITERSON⁽²⁰⁾, STOCKLASA und VITEK⁽⁵³⁾ behaupteten, sind die denitrifizierenden Bakterien für die Selbstreinigung des Bodens und natürlicher Gewässer von erheblicher Bedeutung. BRANDT⁽⁷⁾ meint, dass das relativ geringe Auftreten des Planktons in tropischen und subtropischen Meeren auf das üppige Gedeihen von Fäulnisserregern und denitrifizierenden Bakterien und infolge des fast gänzlichen Verbrauchs von Nährmaterial durch Bakterien beruht: Nach den von verschiedenen Forschern angestellten Untersuchungen kann man nicht mehr daran zweifeln, dass die Bakterienflora von Filteranlagen einen merklichen Einfluss auf die Verminderung organischer Substanzen im filtrierten Wasser ausüben kann. Auch darf nicht übersehen werden, dass nicht nur die Bakterien, sondern auch die Algenvegetation diese Verminderung verursachen sollen.

EMICH⁽¹³⁾ bewies seinerzeit, dass die Selbstreinigung verunreinigten Wassers ohne die Entwicklung von Organismen unmöglich ist. BEIJERINCK⁽³⁾ und TREBOUX⁽⁷⁾ berichteten, dass die Chlorophyceen

Arten organische Nahrung aufnehmen können. Bei BOKORNY^(5,6) findet sich die Angabe, dass die grünen Algen wie *Spirogyra*, *Zygnema* und verschiedene Arten von Diatomeen sich wahrscheinlich lebhaft an der Reinigung gelöster organischer Substanzen in Flüssen beteiligen. Er fügte noch hinzu, dass *Nitzschia acicularis* an stark verunreinigten Stellen zahlreich auftritt. RICHTER⁽⁴⁵⁾ erklärt, dass die Diatomeen Arten, wie *Nitzschia* und *Navicula*, die Fähigkeit besitzen, Kohlenhydrate sowie N- haltige organische Substanzen zu assimilieren. Neuerdings fand ARTARI⁽¹⁾ nach genauen Untersuchungen, dass die Chlamydomonaden am besten in Substraten wachsen, welche organische Verbindungen enthalten, und dass sie als ein Gradmesser für die Verunreinigung von Gewässern anzusehen sind. PRINGSHEIM⁽⁴³⁾ behauptete dass die Cyanophyceen ihren Stickstoffbedarf aus den verschiedenartigsten organischen Verbindungen zu decken imstande sind, ohne dass aber diesen ein Vorzug vor anorganischen Stoffen eingeräumt wäre.

So sehen wir, dass die heterotrophische Nährbedingung, nicht nur bei chlorophylllosen Mikroorganismen, sondern auch bei gewissen grünen Algen oft zu erkennen ist; und es liegt nahe, dass die Algenflora der Schmutzdecke die Filtrationswirksamkeit einerseits erhöhen kann, andererseits aber auch eine Selbstreinigung des Wassers mehr oder minder herbeiführen kann. Ob solche Organismen als Plankton oder als Schlammsschichtbildner massenhaft oder spärlich auftreten, kann wohl für die Beurteilung der Natur des Wassers als Richtschnur dienen.¹⁾

KOLKWITZ und MARSSON⁽²⁵⁾ unterscheiden zur Charakterisierung

1) Ich möchte darauf hinweisen, dass bei den vorliegenden Untersuchungen hauptsächlich die biologischen Einwirkungen mikroskopischer Pflänzchen auf die Wirksamkeit von Filteranlagen berücksichtigt wurden, während die physiko-chemischen Erscheinungen bei dem Filtrationssystem, z. B. die Adsorptionserscheinung der Filtersandsicht, ausser Acht gelassen worden sind.

der Gewässer nach der Oekologie der Leitbiocoenosen drei Hauptzonen, nämlich die polysaprobien-, die mesosaprobien- und die oligosaprobien-Zone. Aus der verschiedenartigen Zusammensetzung der Schmutzdeckenflora, die in den Filteranlagen der Yokohamaer sowie der anderen japanischen Wasserleitungen vorkommen (Tabelle IX und X), ist ersichtlich, dass unter den dominierenden Organismen die Diatomeen an erster und die Conjugateen an zweiter Stelle stehen. Von Diatomeen kommen *Melosira varians* in der Filter jeder japanischen Wasserleitung vor, besonders bei der Filteranlage der Yokohamaer Wasserleitung gedeiht *Melosira varians* vom Frühling bis zum Sommer recht üppig. In der Okayamaer Wasserleitung sind die Diatomeen im Sommer oft durch *Fragilaria* Arten vertreten. In der von Kobe sind Conjugateen vorherrschend; unter diesen gedeihen Fadenalgen, wie *Spirogyra*, *Zygnema* und *Mougeotia* hauptsächlich im Sommer und die kleinen Formen, wie *Cosmarium* und *Closterium*, entwickeln sich das ganze Jahr hindurch. Ferner können Schizophyceen, wie *Anabaena* und *Merismopedia* u. s. w. in einigen japanischen Wasserleitungen beobachtet werden, obgleich sie immer sehr spärlich sind. In den Filter von Nagasaki entwickelte sich im Sommer oft *Coelosphaerium Kützingerianum* sehr reichlich. Eine Art von *Conferva* kam auch bisweilen vor; nur einmal wurde in den Filter der Kobe-Wasserleitung ein üppiges Gedeihen derselben beobachtet. Bezüglich der in den oben genannten Gewässern aufgefundenen, pflanzlichen Leitbiocoenosen erkennen wir, dass die nach dem Kolkwitzschen und Marssonschen Saprobien-system zu den Mesosaprobien gehörenden Arten verhältnismässig spärlich sind, und dass die zu den Oligosaprobien gehörenden Arten die Hauptmasse bilden. Es steht fest, dass die Gegenwart dieser Leitbiocoenosen in den Gewässern bis zu einem gewissen Grade bei der Bestim-

mung der Beschaffenheit des Wassers als ein Merkmal dienen kann, und wir können daraus den Schluss ziehen, dass das Rohwasser unserer japanischen Wasserleitungen in biologischer Hinsicht verhältnismässig rein und nur selten verunreinigt ist. Diese Tatsache stimmt auch mit den Resultaten der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen, wie schon erwähnt, überein.

Bei den vorliegenden Untersuchungen habe ich meine Angabe nur auf die biologischen Erscheinungen der im Wasser häufig vorkommenden Pflänzchen beschränkt. Bekanntlich wird aber der Betrieb der Reinigungsanlagen einer Wasserleitung von der unerwarteten Vermehrung verschiedener Tierchen nicht minder beeinflusst.

Ein passendes Beispiel fand ich in der Okayamaer Wasserleitung; wo Bryozoen (*Plumatella repens*, *Paludicella articulata*) und eine Art von *Spongilla* in den Leitungsröhren für Rohwasser dicke Häute, die die Geschwindigkeit und das Quantum des Wasserstromes stark beeinträchtigen, gebildet haben; ferner beobachtete ich häufig im Sommer die Larven von *Chironomus* und einige Arten von Oligochaeten (z. B. *Aelosoma* sp.) in grosser Zahl auf der Filtersandschicht in der Yokohamaer und in anderen Wasserleitungen.

Es würde eine dankbare Aufgabe sein, zur Kenntnis der Biologie der in japanischen Wasserleitungen vorkommenden Tierchen beizutragen.

X. Schlussfolgerungen.

1. Die im Wasser vorhandenen Bakterien sowie andere Mikroorganismen (Chlorophyceen, Conjugateen, Diatomeen u. s. w.) gedeihen in den Sandschichten der Filter und sie alle vereinen

sich derartig, dass sie unter Verschleimung des Filtersandes als Stütz- und Anhängepunkt für andere Bakterien dienen.

2. Soweit im Herbst und Winter das Rohwasser keine grosse Aenderung erleidet, erfordert es wenigstens eine Woche, bis die Wirksamkeit des Filters gesichert ist; im Frühling und Sommer steigert sich aber die Wassertemperatur; infolge dessen werden die Mikroorganismen zu üppigem Wachstum angeregt und die Schleimschichtbildung geht daher schneller vor sich, so dass die Wirksamkeit des Filters in kürzerer Zeit eintritt.

3. Die Zahl der Bakterienkeime, die ins gereinigte Wasser übergehen, hängt von der Eigenschaft des Rohwassers und der Geschwindigkeit der Filtration ab. Die Geschwindigkeit der langsamen Sandfiltrationen japanischer Wasserleitungen entspricht meistens den von KOCH bestimmten Vorschriften. Sie scheint aber in Japan, selbst wenn das Wasser verhältnismässig schnell filtriert wird, nicht immer befolgt zu werden brauchen, weil die Beschaffenheit des Rohwassers in bakteriologischer sowie chemischer Hinsicht gut ist.

4. Die Keimzahl des Rohwassers der Tokyoer Wasserleitung ist bei weitem grösser als die der Yokohamaer Wasserleitung. Dieser Unterschied beruht hauptsächlich auf der Verschiedenheit des Niederschlaggebietes des Rohwassers beider Wasserleitungen. Je mehr sich das Gewässer dem Unterlauf nähert, um so grösser wird die Keimzahl.

5. Die Bakterienarten, welche im Laufe der Versuche häufig nachgewiesen wurden, sind bei der Tokyoer Wasserleitung: *Bacillus aërophilus*, *B. fluorescens liquefaciens*, *B. fluor. non liquefaciens*, *B. subtilis*, *B. aquatilis villosus*, *B. mycoides*, *B. ochraceus*, *B. vulgatus*, *Micrococcus aurantiacus*, *M. flavus liquefaciens*, *Sarcina flava*, *S. lutea*, *Streptococcus albicans*, *Streptothrix chromogena*,—

bei der Yokohamaer Wasserleitung: *Bacillus helvolus*, *B. subtilis*, *B. dermoides*, *B. disciformis*, *B. fluorescens mesentericus*, *B. fluor. liquefaciens*, *B. ochraceus*, *B. citrinus*, *B. aureus*, *B. liquefaciens*, *B. fuscus*, *B. mycoides*, *B. vulgatus*, *B. proteus Zopfii*, *B. aquatilis villosus*, *Micrococcus aerogenes*, *Sarcina rosea*, *S. lutea*, *S. aurantiaca*, *Streptothrix chromogena*.

6. Die im Wasser häufig gefundenen Schimmelpilze sind Arten von *Aspergillus albus*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. niger*, *Penicillium glaucum*, *P. leucocephalum*, *Mucor mucedo*, *M. racemosus*, *Verticillium glaucum*, *Cladosporium herbarum*, *Stysanus microsporus*, *Macrosporium* sp., *Monilia* sp. und *Botrytis* sp., von denen die Arten von *Cladosporium*, *Monilia*, *Stysanus*, *Botrytis* gewöhnlich nur im Sommer und die übrigen Arten während des ganzen Jahres gefunden werden.

7. Die vorkommenden Arten der Schmutzdeckenflora bestehen bei einigen japanischen Wasserleitungen aus Diatomeen, Chlorophyceen, Conjugateen und Schizophyceen und zwar am häufigsten aus denjenigen, die den Conjugateen und Diatomeen angehören.

8. Die Keimzahl der Bakterien im Wasser ist im Winter geringer und im Sommer grösser, und der monatliche Durchschnitt derselben verhält sich mit der Regenintensität fast im gleichen Verhältnis.

9. Bei einigen japanischen Wasserleitungen wie in Tokyo, Yokohama, Hiroshima und Okayama bemerkten wir, dass der Keimgehalt zwischen März und April bedeutend zunimmt. Der Grund ist wohl darin zu finden, dass um diese Zeit der Schnee auf den Bergen des Quellengebietes schmilzt, und dass die zahlreichen Keime, welche in dem lange auf dem Boden liegenden und der freien Luft ausgesetzten Schnee vorhanden sind, in mehr oder weniger grösserem Grade, in die Flüsse und Seen gelangen.

10. Der Gehalt an Bakterienkeimen bei allen Wasserleitungen,

mit Ausnahme derjenigen in Keelung, zeigt im Januar und Februar, also zur Zeit der grössten Kälte, eine Tendenz der Vermehrung, und die Hauptursache dieser Erscheinung ist wohl darin zu finden, dass verhältnismässig zahlreiche Bakterienkeime im gefrorenen Boden der Niederschlagsgebiete vorhanden sind, und dass die Niederschläge, die in dieser Zeit stattfinden, leicht die trockenen bakterienreichen Bodenpartikelchen in den Flusslauf schwemmen, und infolgedessen tritt eine Verunreinigung des Rohwassers in mehr oder weniger hohem Grade ein.

11. Die jährlichen Variationen der vertretenen Arten von grünen Mikroorganismen, die in der Schmutzdecke üppig gedeihen und für die Tätigkeit des Filters von grosser Bedeutung sind, sind:

bei der Yokohamaer Wasserleitung

Diatomeen—vom Ende des Frühlings bis zur Mitte des Herbstes: Spirogyren—vom Frühling bis zur Ende des Sommers.

bei der Tokyoer Wasserleitung

Diatomeen—das ganze Jahr hindurch: *Spirogyra* und *Mougeotia*—vom Frühling bis zum Sommer.

bei der Wasserleitung in Kobe

Conferva, *Zygnema*, *Spirogyra* und *Anabaena*—in grosser Menge im Sommer: Diatomeen—vom Spätsommer bis zum Herbst.

bei der Hiroshimaer Wasserleitung

Diatomeen—in grosser Menge im Sommer: Conjugateen—nur spärlich das ganze Jahr hindurch.

bei der Taihokuer sowie der Keelunger Wasserleitung

Conjugateen—in erstaunlicher Menge im Sommer.

bei der Wasserleitung in Nagasaki

Spirogyren—maximum im Sommer. Diatomeen—nur spärlich das ganze Jahr hindurch: *Coelosphaerium* gedeihen

üppig vom Spätsommer bis zum Ende des Herbstes.

12. Das Vorkommen des *Bacillus Coli* gilt als Beweis für die Verunreinigung des Wassers, und der Nachweis desselben besitzt als Indikator für den Filtrationseffekt des Trinkwassers grossen Wert. Zur Orientierung des Vorkommens des Coli-Bacillus im Wasser empfehlen wir die „Presumptive Test“ sowie auch die BULIRSche Methode; ENDO-agar eignet sich dazu die in Frage kommenden Bakterien zu isolieren.

13. Die üppige Algenvegetation in der Schmutzdecke dient zur Erhöhung der Filtrationswirksamkeit, aber sie übt keine hemmende Wirkung auf die Entwicklung von Bakterien im Wasser aus.

14. Das filtrierte Wasser enthält im Gegensatz zum Rohwasser eine weit geringere Menge organischer Substanzen und diese Verminderung der letzteren ist wohl auf die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen in den Sandschichten, besonders auf die der Bakterien und der Algen zurückzuführen.

15. Die Zahl der Bakterien in der Filteranlage vermindert sich je nach der Tiefe der Sandschichten und sie beträgt gewöhnlich in einer Tiefe von 20–25 cm nur ca. $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{10}$ derjenigen, die sich in der obersten Schicht befindet. Die Schwankungen der Bakterienzahlen treten, je nach dem Alter der Sandschichten, an der Oberfläche bis zu 25 cm Tiefe nicht so bedeutend hervor, während sie über 35–40 cm tief bei solchen Sandschichten, welche schon lange benutzt worden sind, sehr viel grösser sind.

16. Ueber die pflanzlichen Leitbiocoenosen des Rohwassers von einigen japanischen Wasserleitungen sind die nach dem KOLKWITZ und MAARSSON-schen Saprobiensystem zu den Mesosaprobien gehörenden Arten verhältnismässig spärlich, und die zu den Oligosaprobien gehörenden bilden die Hauptmasse.

Tokyo, Ende Juli, 1916.

Literaturverzeichnis.

1. ANTARI, A., Zur Physiologie der Chlamydomonaden. Versuche und Beobachtungen an *Chlamydomonas Ehrenbergii*, GOROSCH und verwandten Formen. PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LII, 1913.
2. BAIL, O., Untersuchung einiger bei der Verwesung pflanzlicher Stoffe tätiger Sprosspilze. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. VIII, 1902.— Versuche über die Verwesung pflanzlicher Stoffe. ebenda, Bd. IX, 1902.
3. BEIJERINCK, M. W., Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Bot. Ztg., Jahrg. 48, 1890.
4. BERTSCHINGER, A., Untersuchungen über die Wirkung der Sandfilter des städtischen Wasserwerkes in Zürich. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Gesells. in Zürich 1889, Heft 2.
5. BOKORNY, T., Untersuchung der Beteiligung chlorophyllführende Pflanzen bei der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hyg., Bd. XX, 1894.
6. ebenda, Ueber die organische Ernährung grüner Pflanzen und ihre Bedeutung in der Natur. Biolog. Centralb., Bd. XVII, 1897.
7. BRANDT, K., Ueber die Stoffwechsel im Meere. ref. Bot. Ztg., Bd. LX, Abt. 2.
8. BULIR, J., Bedeutung und Nachweis des *Bacterium Coli* im Wasser und eine neue Modifikation der EIJKMANSchen Methode. Archiv f. Hyg., Bd. LXII, 1907.
9. BUTKEWITSCH, W., Umwandlung der Eiweissstoffe durch die niederen Pilze im Zusammenhange mit einigen Bedingungen ihrer Entwicklung. PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVIII, 1903.
10. CHRISTENSEN, H. R., Zwei fluoreszierende Denitrifikationsbakterien. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XI, 1904.
11. CONN, H. J., Bacteria of Frozen Soil. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XXVIII und XXXII, 1910–1912.
12. EIKMANN, C., Die Gärungsprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der

- Trinkwasseruntersuchung. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XXXIX, 1914.
13. EMICH, F., Zur Selbstreinigung natürlicher Wasser. Sitzungsab. d. mathem. naturw. Klasse d. Kais. Akad. d. Wiss. z. Wien 1885, Bd. XCI, Abt. II.
 14. FRANK, G., Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlin in bakteriologischer und chemischer Beziehung. Zeits. f. Hyg., Bd. III, 1899.
 15. FRANKLAND, P., Micro-organisms in Water. 1894.
 16. FRÄNKEL, C. und PIEFKE, C., Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Zeits. f. Hyg., Bd. VIII, 1890.
 17. FROMME, G., Bakteriologische Trinkwasseruntersuchungen und Colibacillen. Zeits. f. Hyg., Bd. LXXIV, 1913.
 18. Geschäftsbericht des Stadtrates der Stadt Zürich. 1908.
 19. IRONS, E. E., Some Observations on Methods for the Detection of Bac. Coli communis in Water. Trans. of the Americ. Public Health Association, 1900 Meeting, Vol. XXVI, 1901.
 20. ITERSON, G. van, Anhäufungsversuche mit denitrifizierende Bakterien. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XII.
 21. JACKSON, D. D., Classification of Bacillus Coli Group. Journ. Infect. Diseases, Vol. VIII, 1911.
 22. KABRHEL, G., Zur Frage der Bedeutung des Bacterium Coli. in Trinkwässern. Archiv. f. Hyg., Bd. LXXVI, 1912.
 23. KEMNA, Bull. Soc. Belge de Géol., Bd. XIII, 1900.
 24. KIRKWOOD, Filtrations of River-waters. A Report upon european Filters for the St. Louis Water Board in 1866, 1869.
 25. KISSKALT, X., Die Verunreinigung der Lahn und der Wieseck durch die Abwässer der Stadt Giessen u. s. w.. Zeits. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten, Bd. LIII, 1906.
 26. KOLKOWITZ, R. und MARSSON, M., Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. aus d. königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung zu Berlin, Heft 1, 1902.

27. ebenda, Oekologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell's., Bd. XXVI, a, 1908.
28. KOCH, R., Wasserfiltration und Cholera, Zeits. f. Hyg., Bd. XIV, 1893.
29. KRUSE, W., Beiträge zur Hygiene des Wassers. Zeits. f. Hyg., Bd. LIX, 1908.
30. KÜMMEL, W., Versuche und Beobachtungen über die Wirkungen von Sandfiltration. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, Bd. XXXVI, 1893.
31. KÜNNERMANN, O., Ueber denitrifizierende Mikroorganismen. Landwirt. Versuchsst., Bd. L., 1898.
32. KURTH, Die Tätigkeit der Filteranlage des Wasserwerkes zu Bremen vom Juni 1893 bis August 1894. Arbeiten an d. kais. Gesundheitsamt, Bd. XI, 1895.
33. LEMMERMANN, E., Die Algenflora der Filter des bremischen Wasserwerkes. Abhandl. d. naturwiss. Verein zu Bremen.
34. LIBBERTZ, TIEMANN und GÄRTNER's Handbuch der Untersuchungen und Beurteilung der Wässer. Auf. IV, 1895.
35. LOEW, O., Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hyg., Bd. XII, 1891.
36. LUSTIG, A., Diagnostik der Bakterien des Wassers. 1893.
37. MARCHAL, E., The Production of Ammonia in the Soil by Microbes. Agricult. Science, Vol. VIII, 1894.
38. MIQUEL, Les organismes vivant de l'atmosphère. 1883.
39. ebenda, Manuel pratique d'analyse bacteriologique des eaux, 1891.
40. MÜLLER, M., Ueber das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien, sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel. Archiv f. Hyg., Bd. XLVII, 1903.
41. PIEFKE, C., Principien der Reinwassergewinnung mittelst Filtration. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, Bd. XXX, 1887.
42. PLAGGE und PROSKAUER, B., Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom 1 Juni 1885 bis 1 April 1886. Zeits. f. Hyg., Bd. II, 1887.

43. PRINGSHEIM, E. G., Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen. III Mitteilung. Zur Physiologie der Schizophyceen. Beiträge z. Biol. d. Pfl., Bd. XII, 1913.
44. QUANTZ, E., Ueber die Bedeutung des *Bact. coli* für die Wasserbeurteilung. Zeits. f. Hyg., Bd. LXXVIII.
45. RICHTER, O., Reinkultur von Diatomeen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesells., Bd. XXI, 1903.
46. RUTTNER, F., Die Mikroflora der Prager Wasserleitung. Archiv d. naturw. Landdurchforschung v. Bröhmen, Bd. XIII, 1906.
47. SAITO, K., Untersuchungen über die atomosphärischen Pilzkeime. II Mitteilung. Journ. Coll. Science, Imp. University, Tokyo, Japan, Vol. XXIII, 1908.
48. SAWIN, L. R., Experience with Lactose- Bile-Medium for the Detection of *Bac. coli* in Water. Journ. Infect. Diseases, Supplement No. 3, 1907.
49. SCHLATTER, C., Der Einfluss des Abwassers der Stadt Zürich auf den Bakteriengehalt der Limmat. Zeits. f. Hyg., Bd. IX, 1890.
50. SCHMELCK, Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers in Christiania. Centralb. f. Bakt., Abt. I, Bd. IV, 1888 und Bd. VIII, 1890.
51. SMITH, T., A New Method for Determining Quantitatively the Pollution of Water by Faecal Bacteria. 13th Annual Report of the State Board of Health of New York for 1892, 1893.
52. STERN, W., Die Ammoniakbildung durch aërobe und anaërobe Mikroorganismen des Dungers und des Bodens. 1910.
53. STOCKLASA, J. und VITEK, E., Die Stickstoffassimilation durch die lebende Bakterienzelle. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. VII.
54. STROHMEYER, O., Die Algenflora des Hamburger Wasserwerkes. Bot. Centralb., 1898.
55. TILS, J., Bakteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswasser, 1890.
56. TÖYAMA, C., Hygienische Studien über die Wasserleitung der Stadt Tokyo, 1905. (japanisch)

57. TREBOUX, O., Organische Säuren als Kohlenstoffquelle bei Algen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesells., Bd. XXIII, 1905.
58. WHIPPLE, G. C., The Microscopy of Drinking Water, 1906.
59. ZIMMERMANN, O. E. R., Die Bakterien unserer Trink- und Nützwasser insbesondere des Wassers der Chemnitzer Wasserleitung. Reihe I, II, III, 1890–1900.

Inhaltverzeichnis.

I. Einleitung	1
II. Zur Geschichte der japanischen Wasserleitungen	3
III. Die chemische Beschaffenheit des Rohwassers in den japanischen Wasserleitungen	5
IV. Kulturmethode für Wasserkeime	7
V. Ueber die Wirksamkeit und über die Geschwindigkeit der Sandfiltration	10
VI. Die im Wasser aufgefundenen Bakterienarten nebst anderen Mikroorganismen	19
VII. Ueber die periodischen Schwankungen des Bakteriengehaltes im Rohwasser	37
VIII. Ueber die jährlichen Variationen der Flora der Schmutzdecke	46
IX. Allgemeines und Biologisches	49
X. Schlussfolgerungen	64
Literaturverzeichnis	69

Erklärung der Tafeln.

Tafel I und **II** zeigen die graphische Darstellung der monatlichen Schwankungen in der Zahl der Bakterienkeime im Rohwasser von einigen japanischen Wasserleitungen, daneben sind die Regenmenge und die Regenintensität in jedem Monate vermerkt.

Kurve I. Monatsmittel der Keimzahl im Rohwasser.

„ II. Die Regenmenge.

„ III. Die Regenintensität.

Tafel III.

- Fig. 1. *Melosira varians* AG. 4 × D. ZEISS
 Fig. 2. *Diatoma hiemale* HEIBERG var. *mesodon* GRUN. 4 × D. ZEISS
 Fig. 3. *Micronis gracillima* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 4. *Melosira granulata* PR. var. *australiensis* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 5. *Nitzschia acicularis* W. SM. 4 × D. ZEISS
 Fig. 6. *Cymbella helvetica* KG. var. *curta* CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 7. *Cocconeis placentula* EHR. 4 × D. ZEISS
 Fig. 8. *Cymbella ventricosa* CL. var. *lunula* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 9. *Fragilaria virescens* RALFS. 5 × D. ZEISS
 Fig. 10. *Synedra Ulna* EHR. var. *aqualis* BRUN. 4 × D. ZEISS
 Fig. 11. *Synedra dorsiventralis* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 12. *Amphora ovalis* KG. var. *pediculus* V. H. 5 × D. ZEISS
 Fig. 13. *Cyclotella Meneghiniana* KTZ. 5 × D. ZEISS
 Fig. 14. *Gomphonema olivaceum* KG. var. *tendillum* CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 15. *Tabellaria flocculosa* KG. var. *genuina* KIRCHN. 5 × D. ZEISS
 Fig. 16. *Sarirella splendida* KG. 5 × D. ZEISS
 Fig. 17. *Fragilaria capucina* DESM. 5 × D. ZEISS
 Fig. 18. *Fragilaria crotonensis* KITTON. 5 × D. ZEISS
 Fig. 19. *Rhoicosphenia curvata* GRUN. 5 × D. ZEISS
 Fig. 20. *Sarirella apiculata* W. SM. 4 × D. ZEISS
 Fig. 21. *Cymbella parva* W. SM. 5 × D. ZEISS

- Fig. 22. *Navicula lanceolata* KG. var. *gemma* MEISTER. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 23. *Neidium bisulcatum* CL. var. *turgidulum* MEISTER. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 24. *Nitzschia linearis* W. SM. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 25. *Surirella linearis* W. SM. var. *elliptica* MEISTER. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 26. *Synedra rostrata* MEISTER. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 27. *Stauroneis anceps* EHR. var. *elongata* CL. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 28. *Synedra citrea* KG. $5 \times D$. ZEISS

Tafel IV.

- Fig. 1. *Neidium Iridis* (EHR.) CL. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 2. *Cymbella tunica* V. H. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 3. *Gyrosigma acuminatum* RABH. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 4. *Cosmarium impressulum* ELFV. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 5. *Cosmarium revatum* WEST. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 6. *Staurastrum spongiosum* BRÉB. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 7. *Scenedesmus quadricauda* BRÉB. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 8. *Polyedrium lobulatum* NAEG. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 9. *Chroococcus turgidus* NAEG. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 10. *Ceratoneis Arcus* KG. var. *Hattoriana* MEISTER. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 11. *Pediastrum tetras* RALFS. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 12. *Arthrodesmus incus* HASS. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 13. *Pediastrum duplex* MEYEN. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 14. *Pediastrum duplex* MEYEN var. *asperum* A. Br. $4 \times D$. ZEISS
 Fig. 15. *Mougeotia scularis* HASS. $2 \times D$. ZEISS
 Fig. 16. *Cosmarium obtusatum* SCHMIDLE. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 17. *Cosmarium contractum* KIRCH var. *ellipsoideum*. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 18. *Staurastrum trapezicum* BOLDT. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 19. *Cosmarium undulatum* CORDA. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 20. *Staurastrum gracile* RALFS. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 21. *Closterium moniliferum* (BORY) EHR. $5 \times D$. ZEISS
 Fig. 22. *Spirogyra policalis* (MÜLLER) CL. $2 \times D$. ZEISS
 Fig. 23. *Spirogyra Hantzschii* RAB. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 24. *Mongotia parrula* KIRCHN. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 25. *Desmidiun Swartzii*. Ag. $5 \times D$. ZEISS

Tafel V.

Fig. 1. *Calothrix Braunii* BORN. et FL. $4 \times D$. ZEISS

Fig. 2. *Zygnema pectinatum* AGARDH. $5 \times D$. ZEISS

Fig. 3. *Conferva tenuissima* Gay. $4 \times D$. ZEISS

Fig. 4. *Ulothrix zonata* KG. $4 \times D$. ZEISS

Fig. 5. *Spirogyra jugalis* KG. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 6. *Spirogyra majuscula* KG. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 7. *Spirogyra mirabilis*. (HASS.) KG. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 8. *Spirogyra Weberi* KIRCHN. $2 \times D$. ZEISS

Fig. 9. *Chantrelusia pygmaea* KG. $4 \times D$. ZEISS

Tafel VI.

Fig. 1. *Anabaena Flos-aquae* BRÉB. $5 \times D$. ZEISS

Fig. 2. *Cladophora glomerata* KG. $2 \times D$. ZEISS

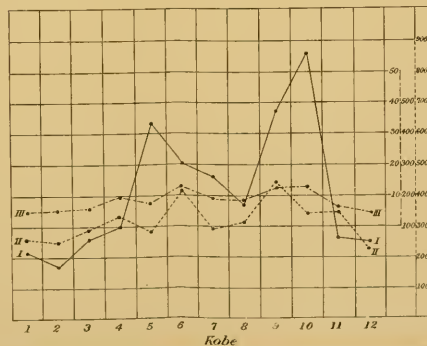
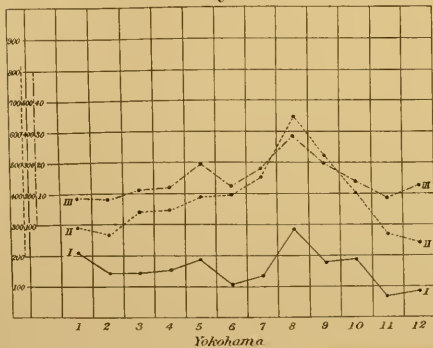
Fig. 3. *Oedogonium undulatum* BRÉB. $4 \times D$. ZEISS

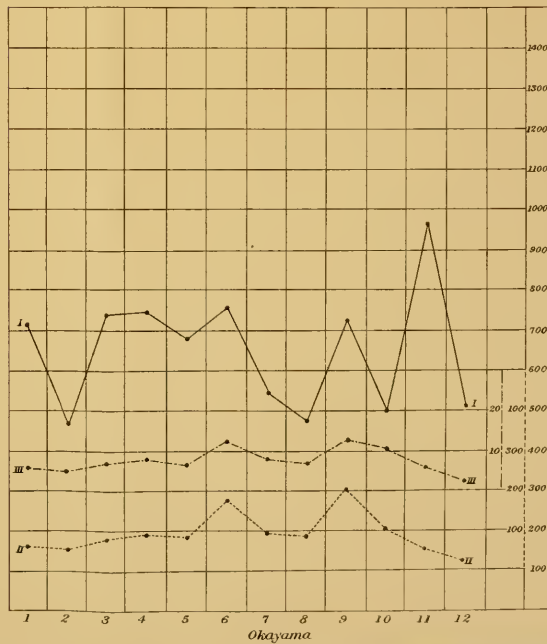
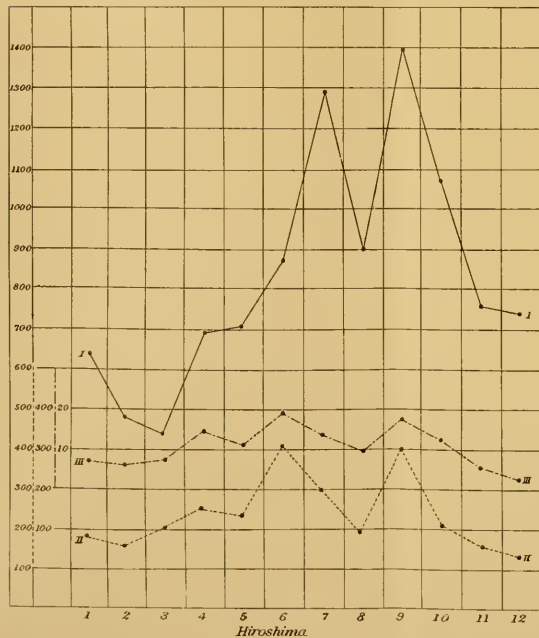
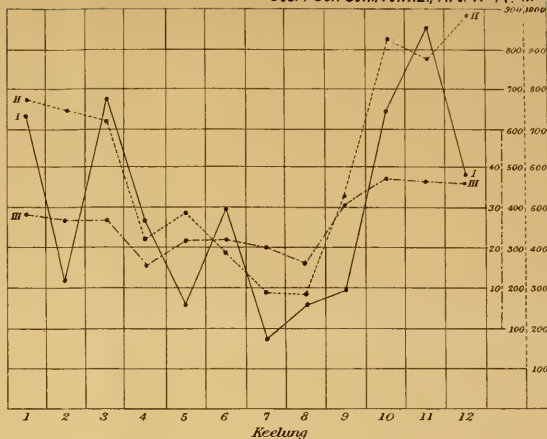
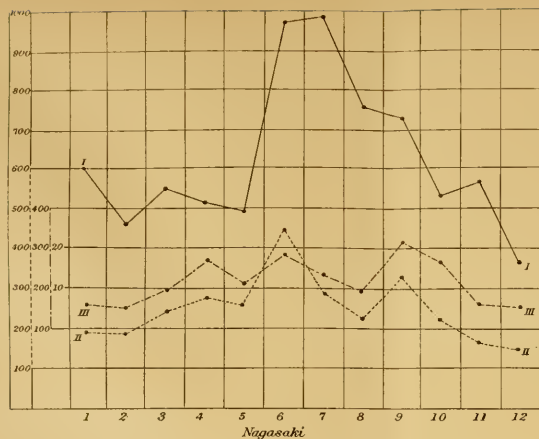
Fig. 4. *Coccolopodium Kützingerianum* NAEG. $4 \times D$. ZEISS

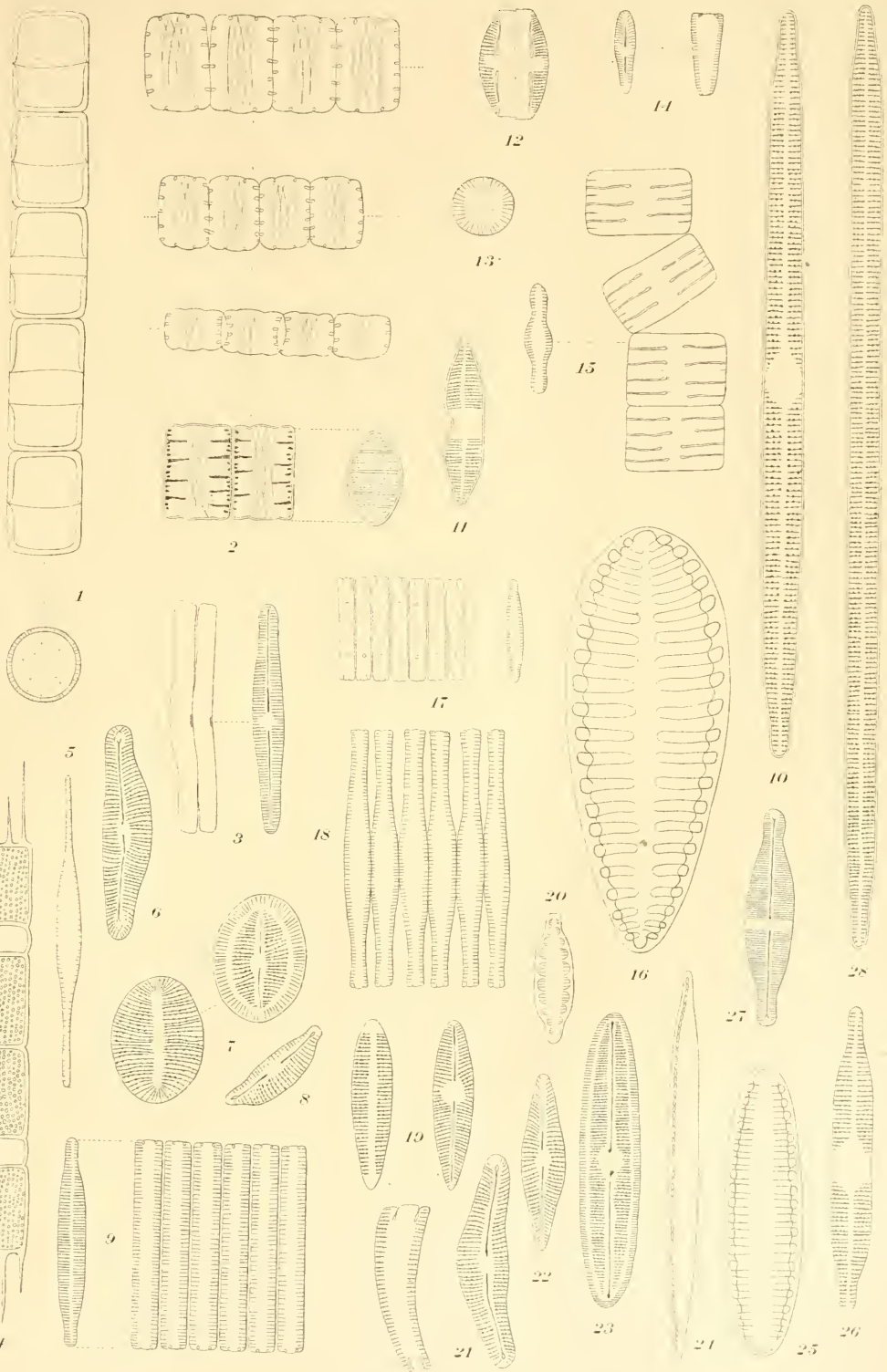
Fig. 5. *Pediastrum duplex* MEYEN var. *reticulatum* LAGERB. $5 \times D$. ZEISS

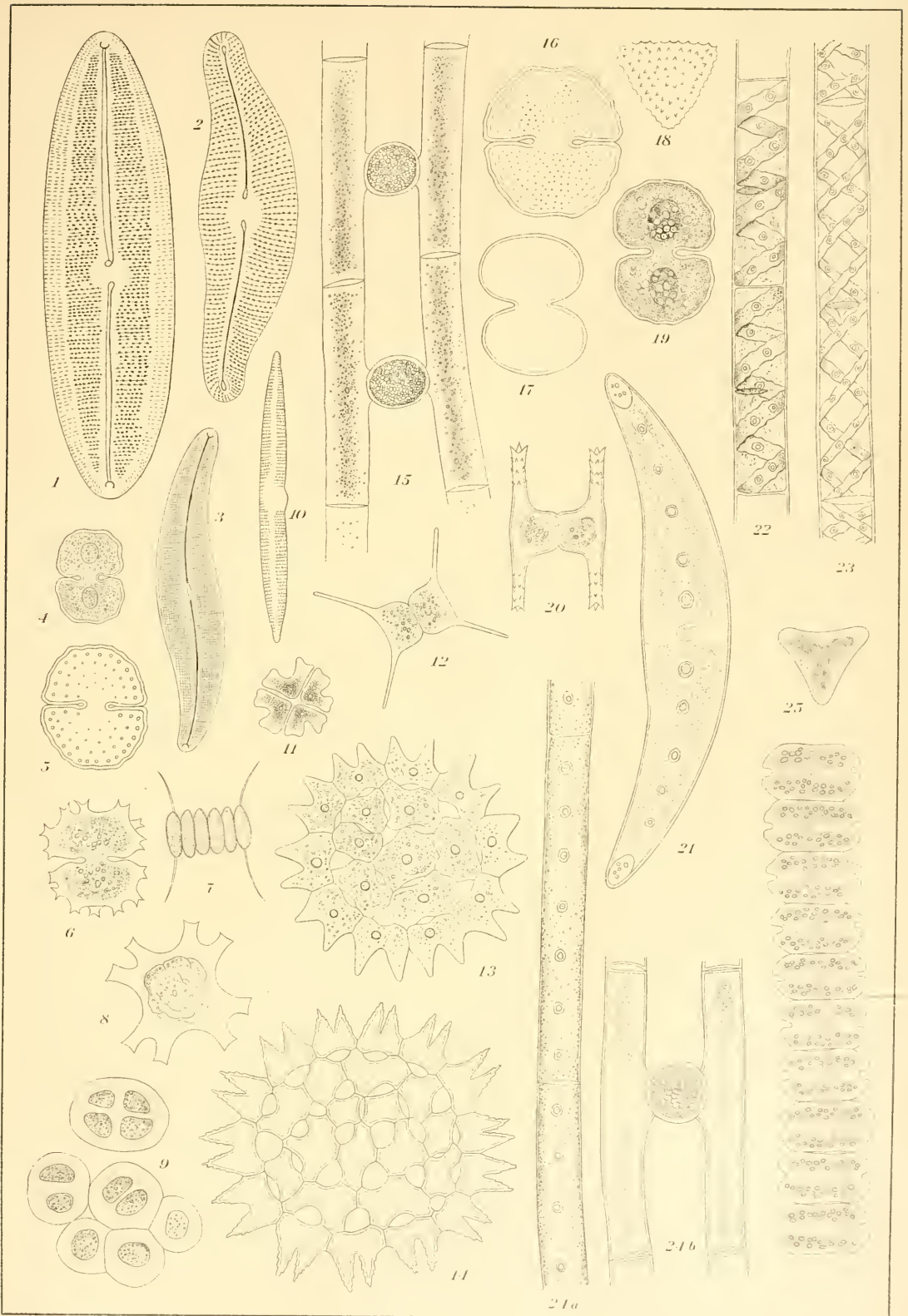
Fig. 6. *Hormospora mutabilis* NAEG. $4 \times D$. ZEISS

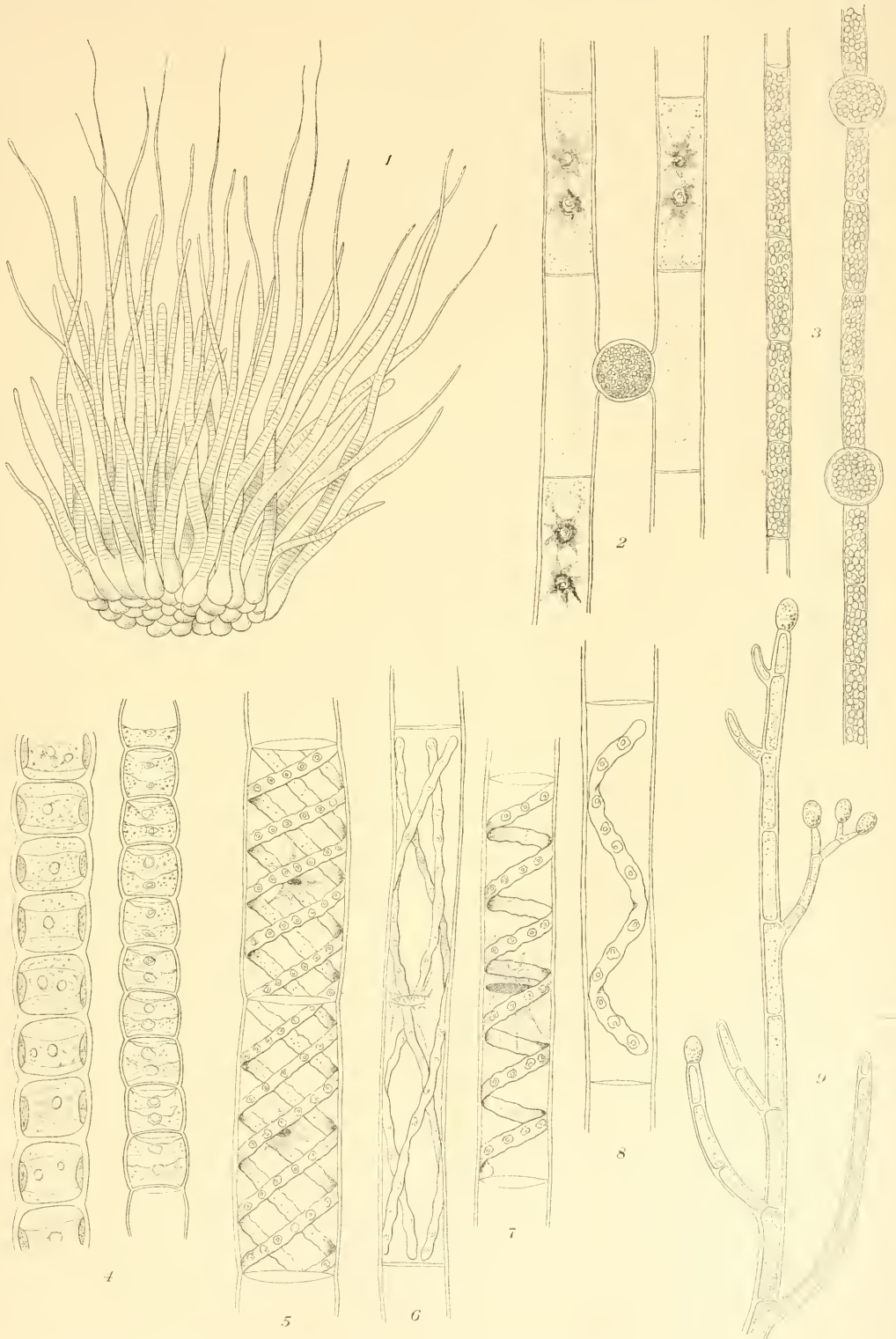
Fig. 7. *Scenedesmus obliquus* KG. $4 \times D$. ZEISS

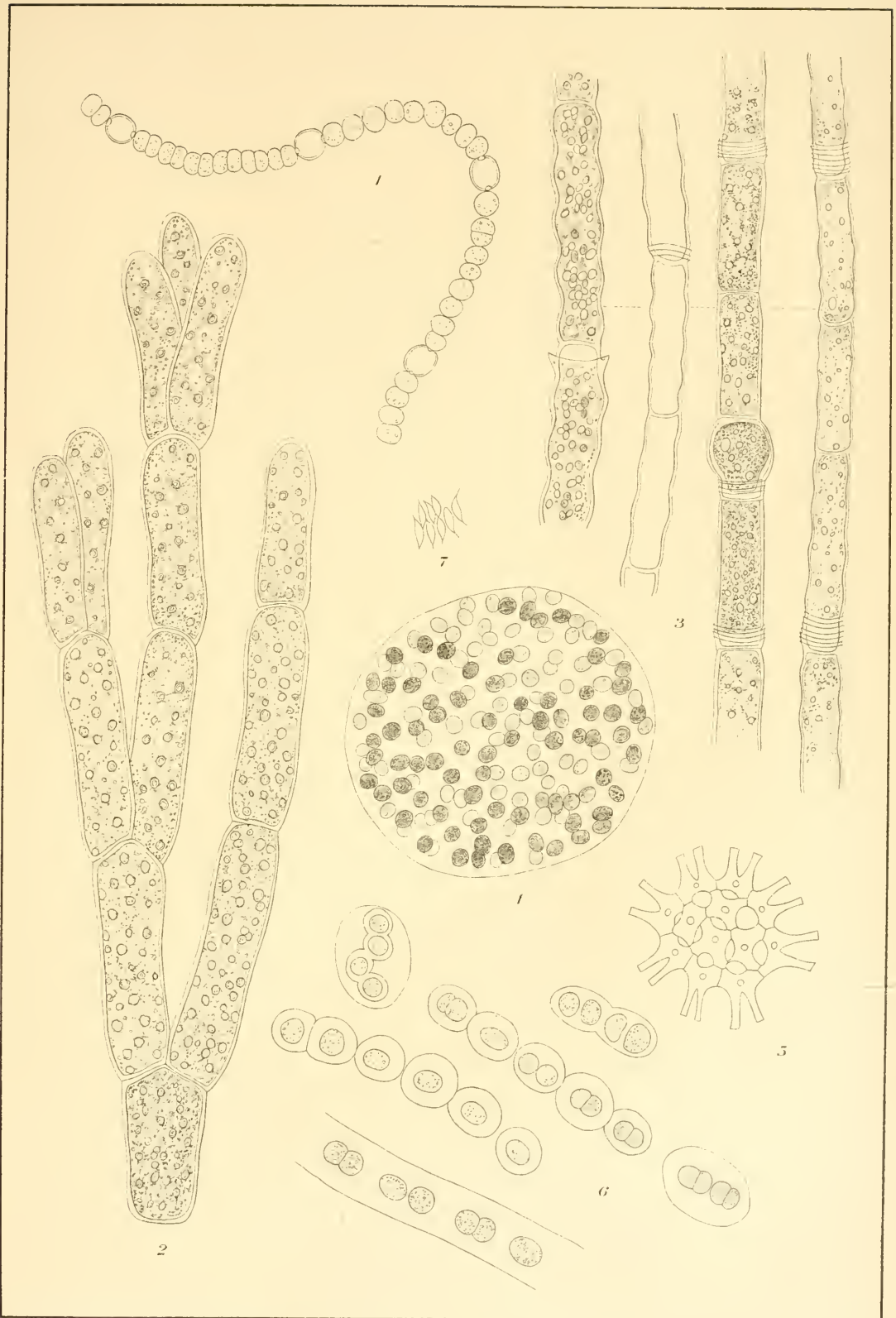












Physiological Studies
on
Schistostega osmundacea (Dicks.) Mohr.

By

Viscount Yasumochi TODA,
Rigakushi.

With two plates and two text-illustrations.

Introduction.

Schistostega osmundacea, the luminous moss, was first discovered¹⁾ at the end of the eighteenth century in England and in Germany, and since that time it has been found to exist in various parts of Europe²⁾ and also in North America.²⁾

In Japan,³⁾ the moss was collected for the first time in the year 1910 by K. Koyama, in the cave "Senjōjiki," at Iwamura, in the province of Shinano.

Since then, the moss has been repeatedly found in various other places⁴⁾ in the same province, about half of which are

1) cf. WILSON, W.: *Bryologia Britannica*, p. 300. 1855, and ROTH, G.: *Die europäischen Laubmoose*, I, p. 555. 1904.

2) ENGLEB, A. und PRANTL, K.: *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, 1. Teil, Abt. 3, 1. Hälfte, pp. 531—532. 1903; PARIS, E. G.: *Index bryologicus*, pp. 226—227. (Editio secunda); LESQUEREUX, L. and JAMES, T. P.: *Manual of the Mosses of North America*, p. 189. 1895.

3) MIYOSHI, M.: Über die Kultur der *Schistostega osmundacea*, SCHIMP. (Bot. Mag., Tokyo. Vol. XXVI., 1912.)

4) According to YAGI, (Journal of Education of Shinano, vol. 335. 1914) the moss was found in twenty-seven places; now, however, it is known to exist in more than seventy localities.

situated in the mountainous region bordering on the province of Kōzuke.

It has also been found in a few places in the provinces of Kōzuke, Shimotsuke, Yamato, Yamashiro, and Musashi.

The first important contribution to the study of the physiology of *Schistostega osmundacea* was made by F. NOLL (4) in the year 1888. He has shown that the curious phenomenon of the moss emitting an emerald green light, depends on the peculiar structure of the cells of the protonema. The latter are somewhat ovoid and have on the elongated side from four to six chlorophyll bodies, the main central part being filled with transparent, colourless cell-sap. The light passing into the cell along the optical axis is so refracted that it falls on the chromatophores on the paraboloidal wall, so that it becomes brighter than when it comes in.

The light that enters the cell outside the optical axis, however, is not refracted in such a way that it directly reaches the chromatophores, but makes a total reflection twice on the paraboloidal wall, and is refracted out again from the cell, taking a direction parallel and opposite to that of its incidence.

As the outgoing light passes through the chromatophores, it appears not white, but strongly green. That the green light given out by the moss is of a nature quite different from that of phosphorescent light, has been fully established by NOLL.

After making further investigations on this phenomenon in 1908, SENN (7) came to the conclusion that the angle of incidence made by the total reflection of the outer and the inner rays of light on the back wall is 65° with the former, and 45° with the latter, when the paraboloidal part of this cell wall has an angle of 42° – 43° , and that, when the rays are reflected by the opposite wall and sent out of the cell in the direction of the

incident rays, the former make an angle of 35° and the latter an angle of 56° . By calculating the index of the refraction of light of the cell, he obtained $v=1.50$.

As to the culture of this moss MIYOSHI (3) made a series of experiments in 1912, and ascertained that it can easily be cultivated.

As the *Schistostega* is always found in a cave where there is but little light, it is interesting to ascertain the intensity of light most suitable for the moss, and the degree of temperature and percentage of humidity required for its growth. It would further be of interest to know in what artificial nutritive solutions the luminous moss grows best, and lastly, whether this moss, in common with some other species, dislikes lime.

The present work has been carried on in the Botanical Institute of the Science College of the Imperial University of Tokyo from August, 1914, to July 1915, under the guidance of Prof. M. MIYOSHI, to whom I beg to express my sincere thanks. Acknowledgments are also due to Mr. T. KOBAYASHI, Principal of the Heion Primary School; to Mr. T. KUROIWA, Head-man of the same village; to Mr. R. KONO, Principal of the Ina Agricultural School; to Mr. R. KAKEGAWA; Principal of the Iwamurada Primary School; and to Mr. G. YUMOTO, all of whom have greatly assisted me in making observations of the moss in its native place. I am also greatly obliged to Mr. T. YAGI, teacher of Natural History at the Nagano Girls' High School, and to Dr. S. OKAMURA, both of whom have furnished me with valuable material for my studies.

I. Natural Occurrence of *Schistostega osmundacea*.

On an excursion to Mt. Komagadake, to the Nakabusa Hot Springs, and to the Yutanaka Hot Springs, in the summer of 1914,

where the *Schistostega* was known to thrive, I made some observations on the natural conditions of these places, all of which are in the province of Shinano. The differences in the intensity of light, in the humidity, and in the temperature in and out of the caves were carefully estimated.

Natural Conditions of the Caves. — The caves in which the moss is found, consist of augite andesite (in 21 places), of granite (in 12 places), of clay-slate (in 9 places), of shale (in 3 places), of diluvium formation (in 3 places), and of other kinds of rock (in about 14 places). Possibly a volcanic rock like andesite, which is very easily weathered, affords the best conditions for the growth of the moss.

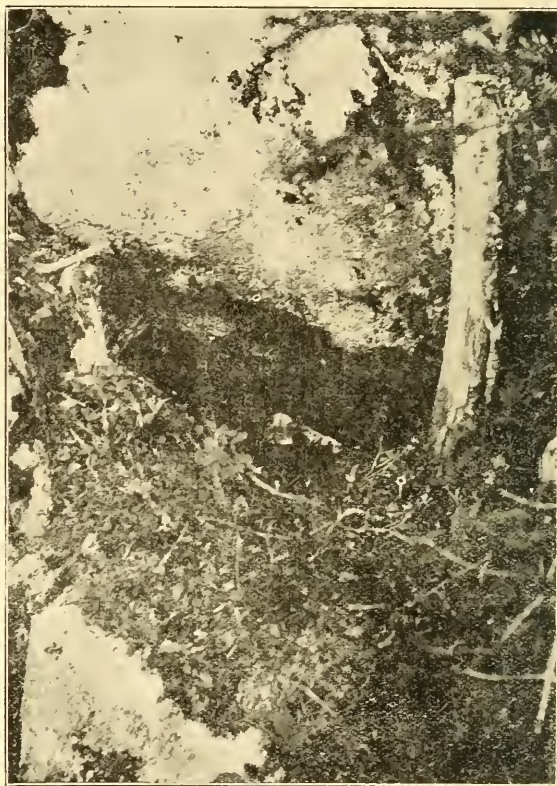


Illustration 1. A crevice under a crag of biotite granite in Mt Komagadake, at an elevation of 1900 m. showing the natural occurrence of *Schistostega osmundacea*. x shows the spot where Vouk's Photometer was placed.

1. Mt. Komagadake.—In this granitic mountain the moss occurs in small caves as well as in holes formed at the foot of fallen dead trees, at a height of 1850–2400 m. above the sea-level (see illustration 1).

The soil of these places consists of weathered rocks and decomposed vegetable matter. The caves mostly face a direction

from the south-east to the south-west, only one of them facing due north.

2. Nakabusa Hot Spring and Mt. Ariyake.—On the way from Miyashiro to Nakabusa, the moss is found in successive small caves for a distance of about 5 miles. On Mt. Ariyake, near Nakabusa, it occurs in caves and in holes at the foot of fallen dead trees, at a height of about 2250 m. above sea-level. The rock consists of biotite granite, and the caves face various directions, only a few looking north. It was only in the above-mentioned locality, near Nakabusa, that I found much of the moss furnished with sporangia; in other places the moss was almost always found in a sterile condition.

3. Yutanaka Hot Spring (Heion-mura).—On the banks of the river Yamase, which runs through the southern part of the village, there are four large caves (560 m. above sea-level) facing south-west, with gravel beds.

Intensity of Light.—For determining the intensity of light, I found Vouk's (9) photometer¹⁾ very convenient and easily portable. With this apparatus I compared the intensity of light inside the caves with that outside. For example, at Mt. Komagadake:

$$L = \frac{1}{5} - \frac{1}{43.4} \text{ and at Nakabusa: } L = \frac{1}{94.2} - \frac{1}{289.4}.$$

For the caves at Yutanaka I estimated the "Lichtgenuss" about once in two months, from August 1914 to April 1915. The results may be seen in the following Table I.

1) VOUK, V.: Ein verbesserter, neuer Wiesnerscher (Insolater zur Bestimmung des Lichtgenusses (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXX, pp. 391—394. 1912). Compare also WIESNER, J.: Der Lichtgenuss der Pflanzen (1907).

TABLE I.
Intensity of Light and relative "Lichtgenuss" in the caves at Yutataka.

Time	Weather	Cave 1.				Cave 2.				Cave 3.				Cave 4.				Outside the Caves.						
		About 1m. from the Entrance of the Cave.		Farther end of the Cave.		About 1m. from the Entrance of the Cave.		Farther end of the Cave.		About 1m. from the Entrance of the Cave.		Farther end of the Cave.		About 1m. from the Entrance of the Cave.		Farther end of the Cave.								
		I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L							
10-11½ a.m. 2. X. 1914	Fine.	0.0182	16.1	0.003	98	0.0194	15.1	0.0013	226.2	1	1	0.0217	13.5	0.0025	117.6	1	1	0.0202	14.5	0.002	147	1	1	0.2941
10-11 a.m. 2. XII. 1914	Fine.	0.0229	17.9	0.0034	121	0.0133	30.9	0.0025	161.6	1	1	0.0245	16.8	0.0046	89.5	1	1	0.0294	14	0.0053	77.6	1	1	0.4117
1½-2½ p.m. 3. XII. 1914	Fine.	0.0388	8.8	0.008	42.8	0.0202	16.9	0.0052	65.9	1	1	0.0396	8.6	0.0083	41.3	1	1	0.0307	11.2	0.0017	72.9	1	1	0.3430
10-12 a.m. 4. XII. 1914	Cloudy.	0.0396	4.7	0.0066	28.3	0.0178	10.5	0.0032	58.5	1	1	0.0396	4.7	0.0053	35.3	1	1	0.0332	5.6	0.0013	43.5	1	1	0.1572
10-11 a.m. 31. I. 1915	Fine.	0.0457	9	0.0081	50.8	0.0206	19.9	0.0027	152.4	1	1	0.0396	10.3	0.0048	85.7	1	1	0.0294	14	0.0032	128.6	1	1	0.4117
11-12 a.m. 1. II. 1915	Cloudy.	0.0412	4.1	0.0046	37.3	0.0343	5	0.0035	49	1	1	0.0332	5.1	0.0044	39	1	1	0.0412	4.1	0.0045	38.1	1	1	0.1716
10-11½ a.m. 31. III. 1915	Fine.	0.049	20.4	0.0042	238	0.0374	26.7	0.0031	322.5	1	1	0.0823	12.1	0.0028	357.1	1	1	0.0935	10.6	0.0111	90	1	1	1.
10-11½ a.m. 1. IV. 1915	Fine.	0.0438	22.8	0.0055	181.3	0.0219	45.6	0.0031	322.5	1	1	0.0457	21.8	0.0039	256.4	1	1	0.049	20.4	0.005	200	1	1	1.
10-11½ a.m. 17. VII. 1915	Fine.	0.0257	26.7	0.0048	142.6	0.0125	55.1	0.0023	295.4	1	1	0.0294	23.4	0.0035	196.9	1	1	0.0413	16.6	0.0037	183.8	1	1	0.6864
10-11½ a.m. 18. VII. 1915	Fine.	0.0241	31.2	0.0042	194.5	0.0153	53.9	0.0025	330.7	1	1	0.0317	26	0.0037	220.4	1	1	0.0275	30	0.0042	198.4	1	1	0.8234

I = Intensity of light. L = Lichtgenuss.

Humidity.—At Mt. Komagadake and at Nakabusa, I tested the humidity in the caves where the moss occurs, and found that the mean humidity was 94% and 100% respectively. At Yutanaka, I obtained the results as given in Table II, the mean humidity in the four caves being 93%.

TABLE II.

Humidity and Temperature in and out of the Caves at Yutanaka.

Time	Weather	Cave 1.		Cave 2.		Cave 3.		Cave 4.		Outside the Caves.	
		H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
5-6 p.m. 6. VIII. 1914	Fine.	90%	21°C.	99%	19.9°C.					60.5%	29.5°C.
10-12 a.m. 7. VIII. 1914	Fine.	100%	23.5°C.	100%	19.5°C.	95%	21.7°C.	96%	21.2°C.	66%	28.5°C.
10½-11½ a.m. 8. VIII. 1914	Fine.	98%	21.7°C.	98%	20.4°C.	99%	20.7°C.	98%	21.2°C.	75%	28.7°C.
2-3 p.m. 30. IX. 1914	Fine.	93%	17.2°C.	96%	17.3°C.	94%	16.5°C.	100%	16°C.	94%	14.8°C.
10-11½ a.m. 2. X. 1914	Fine.	90%	15.1°C.	94%	16.2°C.	95%	14.5°C.	98%	14.9°C.	77%	16.7°C.
10-11 a.m. 2. XII. 1914	Fine.	83%	11.7°C.	89%	11°C.	92%	9.6°C.	100%	9°C.	74%	11.7°C.
1½-2½ p.m. 3. XII. 1914	Fine.	85%	10.6°C.	90%	10.1°C.	86%	9.5°C.	91%	9.1°C.	77%	7°C.
10-12 a.m. 4. XII. 1914	Cloudy.	84%	9.7°C.	88%	9.4°C.	87%	8.2°C.	88%	8°C.	86%	6.8°C.
10-11 a.m. 31. I. 1915	Fine.	84%	4.8°C.	89.5%	4.5°C.	87%	2.9°C.	94%	2.7°C.	80%	1.9°C.
11-12 a.m. 1. II. 1915	Cloudy.	93%	4.6°C.	95%	4.8°C.	96%	3.7°C.	93%	4.2°C.	100%	2.7°C.
10-12 a.m. 2. II. 1915	Cloudy.	90%	5.2°C.	91%	4.7°C.	96%	3.3°C.	96%	3.2°C.	82%	3°C.
10-11½ a.m. 31. III. 1915	Fine.	95%	6.2°C.	92%	5.7°C.	91%	5°C.	95%	4.8°C.	74%	4.2°C.
10-11½ a.m. 1. IV. 1915	Fine.	90%	8.7°C.	97%	7°C.	95%	7.3°C.	97%	6.7°C.	76.5%	9.5°C.
10-11½ a.m. 17. VII. 1915	Fine.	93%	22.2°C.	100%	17.8°C.	92.5%	20.5°C.	96%	20.5°C.	69%	29.5°C.
10-11½ a.m. 18. VII. 1915	Fine.	93%	22.2°C.	100%	18°C.	94%	20.6°C.	93%	21°C.	60%	31°C.
Mean Humidity.		90.7%		94.5%		92.8%		95%			

H=Humidity.

T=Temperature.

From August to October, the soil in the cave was wet, and the growth of the shoots and of the protonemata was very active. From December to January, on the contrary, owing to the combined effect of lower temperature and decreased humidity, the protonema was in an inactive condition and the reflection of light from it was hardly perceptible. On the approach of spring, however, the moss again began to thrive with the increase of temperature and humidity of the soil and air, forming sporangia at the end of March.

Temperature.—In August, the moss attained its full growth, producing protonemata and shoots in abundance, and the phenomenon of the reflected light was most remarkable during this season. 20° to 25°C. seems to be the most suitable temperature for the development of this moss, the mean temperature observed at Yutanaka being 24°C. in August. Towards November, when the mean temperature was 9.1°C. , the growth of the moss gradually declined, and the reflection of light greatly diminished. In January and February, when the mean temperature was as low as -1.4° and -0.9°C. respectively, the growth of the moss naturally ceased. From the middle of March on, the growth of the protonema was renewed and the reflected light could gradually be noticed. In winter, I observed that the temperature in the cave was always from 2° to 5°C. higher than that at the Meteorological Station in this village. As the lowest temperature in the village was -11.5°C. this year, the minimum temperature in the cave can be estimated as not lower than -9.5°C.

Assuming that in all the caves where the moss occurs, the winter temperature inside the cave is always higher than that outside, then the temperature in these caves would probably never be

lower than -20°C .¹⁾ Moreover, most of these caves being covered with snow during the whole winter, the temperature of the ground on which the moss grows cannot be even so low as -20°C . In proof of this fact the following observations made at Kashiwabara (Shinano) are given.

Temperature in the snowdrift at Kashiwabara.			
	Max. temp.	Min. temp.	Difference
Temp. of Air.	1.9°C .	-5.1°C .	7.0°C .
Temp. on the Surface of Snow.	2.1	-7.1	9.2
Temp. of Snow at 15 cm. below the Surface.	-0.2	-5.1	4.9
Temp. of Snow at 30 cm. below the Surface.	-1.2	-2.1	0.9
Temp. of Snow at 15 cm. above the Ground.	-0.2	-0.5	0.3
Temp. on the Ground.	0.0	0.0	0

As to the cave (Senjōjiki) at Iwamura; on the 3rd April, 1915, I made the following observations for temperature, humidity, and intensity of light.

1) The minimum temperatures of some localities, near which the luminous moss is found, are as follows:

Iwamura (Shinano),	-16.4°C	Feb. 1914.
Mt. Asama ,,	-19.5°C	Nov. 1914—Mar. 1915.
Matsumoto ,,	-22.9°C	Jan. 1913.
Nagano ,,	-11.4°C	Jan. 1913.
Karuizawa ,,	-21.5°C	Jan. 1913.

Weather	Humidity		Temperature		Intensity of Light and relative "Lichtgenuss"						
	In the Cave.	Outside the Cave.	In the Cave.	Outside the Cave.	Farther end of the Cave.		On the side of the Cave.		About 1m. fr. the Entrance of the Cave.		Outside the Cave.
Cloudy	91%	90%	6.6°	9.2°	$I = 0.0003$	$L = \frac{1}{128.6}$	$I = 0.0017$	$L = \frac{1}{60.5}$	$I = 0.0143$	$L = \frac{1}{7.2}$	$I = 0.1029$

I = Intensity of light. L = Relative "Lichtgenuss."

II. Materials and Methods.

The materials for the present studies were almost all collected from the caves at Yutanaka. The spores used for germination were obtained at Nakabusa.

In making the various experiments mentioned below I found it convenient to cultivate the moss in a PETRI dish and to put it in a wooden box of 33 cm. \times 25 cm. \times 20 cm. capacity, with an aperture of 13 cm. square in front. The moss thus gets as much light as in its native place, its beautiful emerald green light being easily seen from outside through the aperture.

I then put into the PETRI dish a piece of brick (or tile) which had been completely sterilized, and covered this lightly with the soil on which the moss had been growing. In a short time protonemata were seen to grow all over the brick (or tile), and in about two months many shoots were produced.

Instead of using a PETRI dish I put a whole piece of sterilized brick into a basin with a little water and deposited on it the protonema-laden soil. The whole was placed in the box as described above.

III. Influence of Light on the Growth of the Moss.

Thanks to the researches of SERVETTAZ (8), we now know that for each sort of moss and at each stage of its development, there is an optimum light. If we wish to obtain a good result in culture, we must device an arrangement which will allow the moss to get as near an amount of light as the plant obtains naturally.

Schistostega thrives well in a cave where the light is so feeble that many other, common, species of moss could not live. The classical researches of NOLL and the recent studies of SENN, show that the cell of the protonema, being lens-shaped, can effect assimilation in a feeble light quite as well as other species do in much brighter places.

1. Optimum Intensity of Light and optimum "Lichtgenuss."—In my present study I first estimated the optimum intensity of the light and the optimum "Lichtgenuss" at Yutanaka. Results of which are given in Table I.

At the farther end of the cave, the intensity of light was between 0.0013 and 0.0111 (BUNSEN's unit), while near the entrance, it was between 0.01 and 0.09. Outside the cave, it was between 0.17 and 1.

In the cave, the shoots grow most abundantly near the entrance, while the protonemata thrive best at the farther end. It seems, therefore, that the optimum intensity of light for the development of the protonema is between 0.008 and 0.002, and that for the shoot is somewhat below 0.09. It will also be seen that the optimum intensity of light for the moss is between 0.02 and 0.002.

The relative "Lichtgenuss" of the moss at about 1 m. from the entrance of the cave is observed to be: $L = \frac{1}{4.1} - \frac{1}{55.1}$ and at

the farther end of the cave: $L = \frac{1}{28.3} - \frac{1}{357.1}$. According to WIESNER (10), the relative "Lichtgenuss" in the light and in the shade is in most cases $\frac{1}{30}$, but in our caves, at the farther end of the latter as mentioned above, the maximum "Lichtgenuss" was $\frac{1}{4.1}$ and the minimum $\frac{1}{357.1}$, and the optimum "Lichtgenuss" of the moss between $\frac{1}{50}$ and $\frac{1}{200}$.

The following experiments made in the laboratory of the Botanical Institute show that the intensity of light given above is just what the moss requires.

1) On the 15th of September, 1914, I placed, in a dark room, seven PETRI dishes, each containing the moss, at 15 cm., 30 cm., 45 cm., &c. distance from a small window, and repeatedly observed the intensity of light in every position. The following results were obtained. (Table III., A.)

TABLE III., A.
Intensity of Light and relative "Lichtgenuss."

Time	Weather	45 cm. from Window of the Dark room.		30 cm. from Window.		15 cm. from Window.		Outside
		<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>
10-12 a.m. 27. XI. 1914.	Fine.	0.0006	$\frac{1}{571.6}$	0.0025	$\frac{1}{137.2}$	0.0057	$\frac{1}{60.1}$	0.343
11-12 a.m. 13. I. 1915.	Fine.	0.0007	$\frac{1}{120.1}$	0.0027	$\frac{1}{108.9}$	0.0069	$\frac{1}{42.6}$	0.2941
10-12 a.m. 28. I. 1915.	Fine.	0.0008	$\frac{1}{367.6}$	0.0027	$\frac{1}{108.9}$	0.0076	$\frac{1}{38.6}$	0.2941
10-12 a.m. 1. III. 1915.	Fine.	0.0008	$\frac{1}{643.2}$	0.0027	$\frac{1}{190.5}$	0.0115	$\frac{1}{44.7}$	0.5146
11-12 a.m. 29. IV. 1915.	Fine.	0.0015	$\frac{1}{666.}$	0.0057	$\frac{1}{175.4}$	0.0229	$\frac{1}{43.6}$	1.

In the PETRI dish, placed at 15 cm. from the window, the moss began to show its emerald green light in one week, and its protonemata increased greatly in number during one month. At 30 cm. distance, the growth of the protonemata was even better. But at 45 cm., though the moss thrived well at the beginning of November, it gradually ceased to develop as the days went on, hardly any growth being observable in the months of December and January, and no emerald green light being then seen. The light was observed to reappear at the beginning of April. The moss in the PETRI dishes placed farther back ceased altogether to grow. When they were brought to 30 cm. distance from the window, however, the moss began to develop actively and to send out a reflected light, L for this distance being $\frac{1}{108.9} - \frac{1}{190.5}$. From these experiments, it follows that 0.01—0.002 is the proper intensity of light for the growth of the protonema, and that no growth is possible when it is below 0.0005.

2) By the culture of the moss in the PETRI dish (page 10), I observed the different degrees of the intensity of light in the three boxes, and noticed 0.0069—0.0008 as the most suitable for the development of the moss. The "Lichtgenuss" of the moss in these boxes was $\frac{1}{81.3} - \frac{1}{384.6}$. (Table III., B.)

TABLE III., B.

Intensity of Light and relative "Lichtgenuss."

Time	Weather	No. 1. Wooden box.		No. 2.		No. 3.		Outside
		<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>	<i>L</i>	<i>I</i>
2-3 p.m. 27. XI. 1914.	Fine.	0.0013	$\frac{1}{158.3}$	0.0008	$\frac{1}{257.2}$	0.0015	$\frac{1}{137.2}$	0.2058
2-3 p.m. 13. I. 1915.	Fine.	0.0023	$\frac{1}{81.3}$	0.0011	$\frac{1}{179.2}$	0.0021	$\frac{1}{89.1}$	0.1872
1-3 p.m. 1. III. 1915.	Fine.	0.0069	$\frac{1}{42.6}$	0.0023	$\frac{1}{127.8}$	0.003	$\frac{1}{93}$	0.2941
2-3 p.m. 28. III. 1915.	Fine.	0.0022	$\frac{1}{133.6}$	0.0011	$\frac{1}{267.3}$	0.0021	$\frac{1}{140}$	0.2941
2-3 p.m. 29. III. 1915.	Fine.	0.0029	$\frac{1}{122.4}$	0.0022	$\frac{1}{187.1}$	0.0049	$\frac{1}{84}$	0.4117
1-2 p.m. 29. IV. 1915.	Fine.	0.0081	$\frac{1}{123.4}$	0.0028	$\frac{1}{357.1}$	0.0026	$\frac{1}{381.6}$	1.

3) To ascertain whether the above result was constant, I observed the intensity of light by the culture of the moss on a whole brick (page 10) on three different parts of it.

A. At the edge of the brick.

B. At $11\frac{1}{2}$ cm. from the edge.

C. At $16\frac{1}{2}$ cm. from the edge.

Between $1\frac{1}{2}$ cm. and 9 cm. from the edge, the shoots grew well; between $6\frac{1}{2}$ cm. and $11\frac{1}{2}$ cm. the protonemata grew well and gave out their peculiar light. From $16\frac{1}{2}$ cm. on, where the intensity of light was below 0.0006 and the "Lichtgenuss" less than $\frac{1}{490}$, the moss, and indeed the protonemata, could not even continue their growth. Thus the proper intensity of light seems

to be 0.006—0.002 for the growth of the protonemata, and 0.01—0.004 for that of the shoot. (Table IV.)

TABLE IV.
Intensity of Light and relative "Lichtgenuss."

Time	Weather	A.		B.		C.		Outside
		I	L	I	L	I	L	I
3-4½ p.m. 1. III. 1915	Fine.	0.0069	$\frac{1}{42.6}$	0.0022	$\frac{1}{133.6}$	0.0006	$\frac{1}{490.1}$	0.2941
3-4½ p.m. 29. III. 1915	Fine.	0.0172	$\frac{1}{24}$	0.0041	$\frac{1}{100.4}$	0.0006	$\frac{1}{686.1}$	0.4117

From the above experiments, I have come to the conclusion that *the optimum intensity of light for the development of the moss is 0.02—0.002; that the protonema can grow in a light even as feeble as 0.0008; that the shoot ceases to grow where the intensity is 0.001, and that the required minimum "Lichtgenuss" of the moss is about $\frac{1}{500}$.*

2. Effect of Light on the Moss.—When the filaments of the protonemata, after growing over the surface of the soil or any other object on which the moss grows, send new filaments up into the air, they are easily acted on by light, curving towards the direction from which it comes. These growing filaments possess a positive heliotropism. Their orientation may be changed by turning the culturing dish 180 degrees. The full-grown filaments are not bent in the new direction of light, but new branches are given out from each filament in the direction of the light. (Fig. 19.) The growing shoots, too, have been observed to possess a positive heliotropism. During my experiments, I turned a culturing dish 180 degrees on the 4th of April, and found on May 13th that the

shoots were bent towards the light: on May 13th I again turned the dish 180° , and found on the 26th of May that the shoots again were bent towards the light. (Figs. 1 and 2.)

It is already known that in uniform light, the leaves of *Schistostega* generally turn in all directions, but that when the light is unilateral, their divergence is $\frac{1}{2}$. After putting a culturing dish in a dark room for seven months, beginning with November 14th, I found that only the protonemata were alive. Not a single leafy shoot had been produced; but the green colour of the chromatophores had not wholly disappeared. It is also interesting to observe that the shoot is shorter and the leaf larger in a feeble than in a comparatively intense light. Placed in a position where the intensity of light is above 0.1, the colour of the moss gradually disappears from all its parts, changing into a silvery white after the lapse of from seven to ten days. This is owing to the disappearance of the colour of the chromatophores and of the destruction of the lens-shaped cells. Under such circumstances the moss soon loses its vitality. In comparing the formation of starch in the lens-shaped cells of the protonema with that in the filamentous cells, we find that it is greater in the former than in the latter. From this fact and also from that, that a fairly large percentage of sugar exists in the lens-shaped cell, it is inferred, that by virtue of these lens-shaped cells this moss can effect assimilation in a feeble light quite as well as other species do in a stronger light.

3. Movement of the Chromatophore.—By the studies of NOLL and SENN, it has been fully established, that the light which is reflected from the lens-shaped cells is caused by its peculiar optical structure. The reflected emerald green-light which reappears after the culturing dish has been turned 180 degrees,

gives place to the silvery white light, if the dish is placed in its former position. This depends on the peculiar form of the cell of the protonema. As the result of my experiments I have found that the angle of equal intensity of the reflected emerald green light is 50° — 70° . I am, therefore, inclined to think that the reflected light is emitted from the cell parallel to the incident rays, not only when the latter is parallel to the optical axis of the cell, but also when it makes with the axis an angle not exceeding 35° . On this point, however, much further study is necessary before a safe conclusion can be arrived at.

In addition to what SENN (7) has done in regard to the movement of the chromatophore I have made the following observation:—

In unilateral light, the chromatophores in the cell of the protonema are gathered in its paraboloidal part, which arrangement SENN calls "Eucharostrophe" (Fig. 20). If the culturing dish is turned 180 degrees, the chromatophores change their positions in the direction of the new light in one week; but when the dish is placed in a light whose intensity is from 0.1 to 0.5, the chromatophores are scattered round the cell wall in one day, this arrangement being called "Apostrophe" by SENN (Fig. 3).

Four weeks after I put the PETRI dish in a dark room (May 3rd), I observed the chromatophores in the lens-shaped cell of the protonema to be in "Apostrophe" (Fig. 4). In the case of liquid culture in unilateral light, the chromatophores of the filamentous cells of the protonema are arranged on the side farthest from the light. This SENN calls "Antistrophe."

As regards the emerald green light reflected from the lens-shaped cells, which is again seen after the direction of the light is changed, I suspect that this phenomenon, besides being dependent

on the movement of the chromatophores, is also caused by the action of the filament which contains a group of spherical cells, that is, the cells of the protonema spread on the surface, appear to change their orientation on the turning of the filament.

On December 10th, 1914, I took five wooden boxes, 15 cm. square, with a piece of red, yellow, green, blue, and violet glass respectively on the front, and covered the PETRI dishes containing the moss with these boxes. In comparing the results of different cultures in different rays, all of unilateral light, I found on the 24th of February, 1915, that the moss thrived best in the violet, the blue, and the yellow light. In the red, it did not thrive well, and in the green least of all. The formation of starch in the chloroplast in the cell of the protonema I found to be greatest in the blue and in the yellow light, the red ranking next, the green following.

In the violet and the blue, 7—10 days were required for the reflection of the emerald green light to reappear after the change in the direction of the light; in the yellow 10—14 days; in the red a little more; while in the green hardly any light was seen reflected after the lapse of even as many as 20 days. I used for my experiment two sets of the double glass cylindrical apparatus designed by Prof. MIYOSHI¹⁾ to suit the bubble-counting method, filling one set with an ammoniacal solution of copper hydrate, and the other with a solution of potassium bichromate. In each set, I placed, on the 16th of April, 1915, a PETRI dish containing the protonema, covering the former set with a piece of blue glass and the latter with red glass, and pasting black paper on the back of each, I let the light come only from the front. On May 16th, the

1) MIYOSHI M.: Experimental botany (Japanese edition). 2nd Ed. 1908. p. 415. Fig. 219.

heliotropism of the filaments of the protonema was clearly observable in the dish put in the former bottle (Fig. 5), while in the latter no such phenomenon could be seen. This result coincides with the well-known fact that the heliotropic curvature occurs more strongly in blue light than in any other coloured light.¹⁾

IV. Influence of Temperature.

CAMILLE SERVETTAZ (8) found that a temperature between 16° and 25°C. is most suitable for the species of moss he studied; that those species cease to grow when the temperature is above 45°C.; and that a temperature between 15° and 16°C. is required for the formation of buds and leafy shoots; more heat being required for this than for the development of the protonema. In my observations of *Schistostega* in its natural state, a temperature between 19° and 21°C. seems to suit it best. The temperature in September and October, 1914, was between 15° and 25°C. in the laboratory, and the moss was observed to produce leafy shoots abundantly. The moss placed in my hot house, the temperature of which was carefully kept between 16° and 25°C., continued to produce shoots. I have observed the development to stop at 2°—6°C.

Resistance to lower temperature.—To ascertain the lowest temperature the moss can stand, I took a wide-mouthed cylindrical DEWAR flask and put a test tube into it containing the moss with a thermometer inserted. Filling the flask with a mixture of snow and salt, and covering it with a close-fitting lid so as to allow the upper half of the thermometer to protrude from the lid, the temperature of the test-tube began to fall. When it reached

1) PFEFFER, W.: Pflanzenphysiologie, II. Aufl. Bd. II, p. 577. 1904.

$-15^{\circ}\text{C}.$, the cells of the protonema were seen to shrink (Fig. 6), but the filamentous cells did not die even at $-20^{\circ}\text{C}.$ At about -18° , however, the cells of the leaf began to freeze, and finally the shoot itself died. Keeping the temperature from -12° to $-20^{\circ}\text{C}.$ for 44 hours; from -16° to $-19^{\circ}\text{C}.$ for 20 hours, from -14° to $-20^{\circ}\text{C}.$ for 24 hours; and from -19° to $-20.5^{\circ}\text{C}.$ for 72 hours by the above arrangement; then taking the moss out and placing it in a hot-house (16° — $25^{\circ}\text{C}.$): in each case the moss showed again the phenomenon of reflected light after a lapse of 20 or 25 days. From the above experiments, we can infer that *the filamentous protonema has a strong power of resisting low temperatures, and that it can continue to live even at $-20.5^{\circ}\text{C}.$*

V. Influence of Humidity.

The humidity of the air has a close relation to the growth of the moss, which thrives best when the air has a humidity of above 90%. When the air is dry, the shoots die and the growth of the protonema ceases. When the soil is too damp, however, the formation of shoots is very slow. I took two pieces of brick, and covering them with the soil on which the moss had been growing, put each of them in a PETRI dish, filling one with just enough water to keep the brick moist and the other with much water. I then placed the dishes in a hot-house in which the temperature was kept between 16° and 25° (Feb. 1). In the first dish the protonema began its growth in about 10 days. On April 12th, I observed that the shoots had grown over the brick in the first dish, but in the second dish only a few protonemata were visible. As for the shoots, there were so few of them that it was very hard to find them. From the above results, it can be inferred that *the more damp the air is, the better the growth of the*

moss, but that too much dampness of the soil is injurious to its development.

Resistance to desiccation.—I took a piece of almost entirely dried-up soil from the cave at Yutanaka and examining it under a microscope obtained the pictures as shown in Figs. 7, 8 and 9. In this condition, the filamentous cell of the protonema is very thin, the chromatophores have lost their colour, and the spherical cells are shrunk, with their chromatophores broken or becoming a shapeless mass. The shoots are all dead through desiccation.

I kept a culturing dish in a H_2SO_4 desiccator for 4 weeks, until the reduction of its weight had entirely ceased. Taking it out and placing the dish in a hot-house for three months, supplying it with water all that time, I found the protonema giving out the reflected light again and renewing its development.

This fact has been further ascertained by the recent study of B. M. BRISTOL (2), who observed that when protonema-laden soil was stored in a sealed bottle so as to prevent the loss of moisture therein contained, the moss became dormant, developing resting filaments. He also observed that when the conditions suitable for the development of the protonema were given,—by putting the soil into nutritive solution,—young colourless filaments were produced from the walls of the resting filamentous cells and small discoid chromatophores appeared with the increase of the length of the filaments. This remarkable rejuvenescence took place even after the moss had been bottled for nearly fifty years.

I put a quantity of soil laden with protonema of the luminous moss in a PETRI dish, and kept it there without any supply of water for nearly a year. At the end of that time when I examined the protonema under a microscope, I observed the

protonema to have the structure of resting filaments. The cells of these filaments looked like those in Illustration 2: a thickening of the cell walls and the existence of a number of oil globules in the cytoplasm as illustrated in the figure were observed. No spherical cells could be found.

In the vegetative green protonema-filaments, starch is stored for reserve food, while in the cells of the resting filaments, fatty oil, instead of starch, is stored for the retention of vitality.

That the resistance of the luminous moss to desiccation is very great, is evident from the fact that after placing the PETRI dish mentioned above, in a hot-house for 20 days, supplying it all the while with sufficient water, young colourless filaments were seen produced from the walls of the resting filamentous cells (Illustration 2, C).

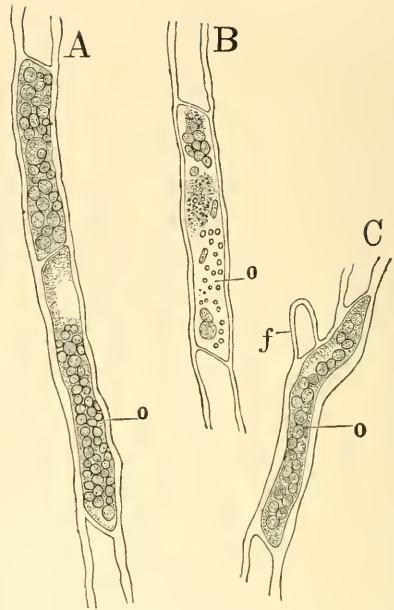


Illustration 2. A. B. Resting filamentous cells filled with oil globules. O. oil globules. C. Resting filamentous cell with a young colourless filament. F. young vegetative filament. $\times 580$.

VI. Cultural Experiments.

CAMILLE SERVETTAZ (8), in one of his recent papers, treats of the development and nutrition of various species of moss in sterilized media. To determine what is the best nutritive solution for the culture of *Schistostega*, I took a number of PETRI dishes and filled half their depth with quartz sand carefully washed first in fuming HCl; and then in water from the conduit tap, for 24 hours.

I then poured in each dish a different kind of nutritive solution, and planting the moss on the sand, examined its growth in each dish. The kinds of nutritive solution used were:—

- a) Solution of ELIE and ÉMILE MARCHAL.¹⁾
- b) PFEFFER's solution.
- c) DETMER's solution.
- d) KNOP's solution.

On the 10th of March I put the above-mentioned PETRI dishes, each in a wooden box as described on page 10. On the 15th of May, I observed that the development of the moss in the dish containing the MARCHAL solution was the best, the protonema producing a large number of shoots and spreading over the whole surface of the sand. In the dishes containing the KNOP and DETMER solutions the growth of the moss was not so good, the protonema producing fewer shoots and growing over only half its surface. In the dish with the PFEFFER solution the growth of the moss was observed to be the worst. In all these cases, however, the plant was seen to be thriving, showing that each solution contained more or less the kind of nourishment it required. Again I poured the four different kinds of nutritive solution each on a small quantity of soil taken from the place where the moss had been growing, and found, as I had expected, that the moss thrived best on the soil nourished with the MARCHAL solution.

Liquid culture.—I put the moss into four ERLENMEYER bottles of 100 c.c., with 20 c.c. of the four kinds of solution respectively. From 7 to 10 days later, many adventive protonemata were seen on the various parts of the stem. The shoots floating on the surface of the liquid had produced, down in the liquid, adven-

1) This solution should be neutralized before use.

tive protonemata with only a few spherical cells, and up in the air many lateral innovations. No lateral innovations were observed in the liquid. The KNOP and DETMER solutions gave the best result for the growth of the moss.

In comparing the shape of the aerial protonema with that of the aquatic one, I noticed that the filamentous cell was somewhat longer and thinner, and the chlorophyll grain of the cell smaller in the latter than in the former (Fig. 10).

VII. Effect of Lime on the Growth of the Moss.

By the studies of H. PAUL (5 and 6), it has been ascertained that all kinds of lime salt are not equally injurious to the *Sphagnum*, an alkaline salt of lime, such as calcium carbonate, being most harmful. BOAS (1) ascertained that 0.05—0.28% solution of calcium nitrate and of calcium chloride facilitates the growth of some species of moss. We have not been told yet of any case of *Schistostega* growing in a calcareous cave, either in Europe or in Japan. In order to ascertain whether the moss really dislikes lime or not, I put the shoots of the moss in solutions of different concentration, of calcium nitrate, calcium sulphate, calcium chloride, and calcium carbonate, and examined their growth in the each case.

1) Calcium nitrate.—In 0.3% and 0.05% solutions the moss produced a few adventive protonemata in 2 weeks, and in 2 months a few lateral innovations from its stem. The development of the moss was better in a 0.05% solution than in a 0.3% one. In 0.1% and 0.2% solutions, it made the greatest growth, bringing out many adventive protonemata in 2 weeks, and producing numerous lateral innovations from the stem in 2 months. The development was better in a 0.1% than in a 0.2% solution.

2) Calcium sulphate.—In 0.2 and 0.3% solutions, the moss did not produce a single adventive protonema in 2 weeks. After 2 months had passed, it was observed to have produced a few protonemata, but no lateral innovations whatever. In 0.05 and 0.1% solutions, it produced a few adventive protonemata in 2 weeks and a few lateral innovations in 2 months.

3) Calcium chloride.—In a 0.05% solution, the moss produced a few adventive protonemata in two weeks, but then it almost ceased to grow. In 0.1%, 0.2% and 0.3% solutions, the moss produced no adventive protonemata at all in 2 weeks, but after 2 months, the moss in the 0.3% solution was seen to have produced a few lateral innovations. In a 0.2% solution the moss produced more lateral innovations and in 0.1% still more (Fig. 21). Thus 0.1% of calcium nitrate, of calcium sulphate, and of calcium chloride seem to stimulate the growth of the moss to the highest degree.

4) Calcium carbonate.—All the shoots put in 0.3, 0.2, 0.1 and 0.05% solutions produced a few adventive protonemata in two weeks. The moss grew best in the 0.1% solution. After 3 weeks, the shoots in 0.05 and 0.1% solutions were seen to have produced a large number of adventive protonemata. The shoots in 0.2 and 0.3% solutions produced only a few adventive protonemata, and did not make any growth even after 5 weeks; in 0.05 and 0.1% solutions, they produced many adventive protonemata and a few lateral innovations from the stem floating on the surface of the liquid. From these experiments I infer that in this case also 0.05 and 0.1% are the most suitable degrees of concentration.

It seems probable that *Schistostega* does not dislike lime, at least not in the above-mentioned concentrations.

VIII. Germination of the Spore and the Formation of the Protonema.

We already know that with regard to the duration of the germination of the spore there are two kinds of moss, one, whose spore takes from two to six months to germinate, and one, whose spore germinates in a few days after it comes out of the sporangium (C. SERVETTAZ.). *Schistostega* belongs to the former kind, its spores germinating in a month after their dispersal from the sporangium. The spores that I sowed on earthen plates in my hot-house (16° — 25° C.) on the 26th of September almost all began to germinate on the 26th of October. The first filament which issued from the spore had a cylindrical form (Fig's. 12 and 13, drawn Nov. 30), and grew by the division of the terminal cell. When this filament consists of two or three cells, a spherical cell is produced from the terminal cell (Fig's. 14 and 15, drawn Jan. 30). Many spherical cells of the same form are produced in a row by budding (Fig. 16, drawn Feb. 13). These spherical cells begin to ramify, producing filaments or cells like themselves (Fig. 18, drawn Mar. 3). It is by this process of ramification that the surface of the substratum is covered with filaments and groups of spherical cells.

At times, groups of cells of the shape of a tadpole and containing many chlorophyll grains are to be found. Some of them are seen separated from the filamentous cells, which, I suppose, can make an independent growth by their own division (Fig. 22).

Summary.

1) The optimum intensity of light for *Schistostega osmundacea* is 0.02—0.002 (BUNSEN'S unit), the protonema thriving well even in so feeble a light as 0.0008. The shoot, however, never grows where light is 0.001 or below it. The relative "Lichtgenuss" is $\frac{1}{4} - \frac{1}{500}$ and the optimum "Lichtgenuss" of the moss is $\frac{1}{50} - \frac{1}{200}$.

2) In a dark place, the protonema can live without producing, for seven months at least, a leafy shoot. In a place where the intensity of light is over 0.1, the moss cannot live.

3) The movement of chromatophores requires a considerable length of time. When the protonema is placed in the light, the chromatophores are scattered in a day, and when the direction of light is changed, they all turn towards it in 7—10 days at a temperature of 15°—25°C.

4) The spherical cell of the protonema seems to enable the moss to effect assimilation in a feeble light.

5) The moss thrives better, and the movement of the chromatophore is faster in a blue and a violet light than in any other visible light except a white light.

6) The optimum temperature for the development of the shoot is 16°—25°C. The protonema will not die so long as the temperature is above -20.5°C., the shoot, however, dying at -18°C.

7) The optimum humidity of air is 90%—100%.

8) The protonema has a strong power of resisting desiccation.

9) ELIE and ÉMILE MARCHAL'S solution is the best cultural medium for the moss.

10) Calcium nitrate, calcium sulphate, calcium chloride, and calcium carbonate, each in 0.1% solution, are not only not injurious to *Schistostega osmundacea*, but stimulate its growth to a certain extent.

11) The spore, at a temperature of 16°—25°C., germinates in one month, and its first filament has a cylindrical shape, producing many spherical cells soon after.

Tokyo, June, 1915.

Literature.

- 1) BOAS, F., (1913), Zur Physiologie einiger Moose. (Hedwigia, Bd. LIV, pp. 14-21.)
 - 2) BRISTOL, M., (1916), On the remarkable retention of vitality of moss protonema. (New Phytologist. Vol. XV, No. 7. pp. 137-143.)
 - 3) MIYOSHI, M., (1912), Über die Kultur der *Schistostega osmundacea* Schimp. (Bot. Mag. Tokyō. Vol. XXVI, pp. 304-306.)
 - 4) NOLL, F., (1888), Über des Leuchten der *Schistostega osmundacea* Schimp. (Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Bd. III, pp. 477-488.)
 - 5) PAUL, H., (1906), Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXIV, pp. 148-154.)
 - 6) —, (1908), Die Kalkfeindlichkeit der *Sphagna* und ihre Ursache. (Mitt. der Königl. Bayr. Moorkulturanstalt, Stuttgart. pp. 63-118.)
 - 7) SENN, G., (1908), Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzen-Chromatophoren.
 - 8) SERVETTAZ, C., (1913), Recherches expérimentales sur le développement et la nutrition des mousses en milieux stérilisés. (Annales d. sciences naturelles. Tome XVII, pp. 110-221.)
 - 9) VOUK, V., (1912), Ein verbesserter, neuer Wiesnerscher Isolator zur Bestimmung des Lichtgenusses. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXX, pp. 391-394.)
 - 10) WIESNER, J., (1907), Der Lichtgenuss der Pflanzen.
-

Contents.

	PAGE
Introduction.	1
I. Natural occurrences of <i>Schistostega osmundacea</i> (DICKS.) MOHR. . .	3
II. Materials and Methods.	10
III. Influence of Light on the Growth of the Moss.	11
IV. Influence of Temperature.	19
V. Influence of Humidity.	20
VI. Cultural Experiments.	22
VII. Effect of Lime on the Growth of the Moss.	24
VIII. Germination of the Spore and Formation of the Protonema. . .	26
Summary.	27

Y. TODA:
PHYSIOLOGICAL STUDIES ON SCHISTOSTEGA OSMUNDACEA.

PLATE I.

Plate I.

Fig's. 1 & 2. Heliotropism of the shoot of *Schistostega osmundacea* (DICKS.)

MOHR.; ✓ first direction of rays; ↗ direction of rays after being turned 180° ; ↘ direction of rays after being turned 180° again.

Fig. 3. Position of the chromatophores in the cell of the protonema when placed in the light (Apostrophe).

Fig. 4. Position of the chromatophores in the cell of the protonema when put in a dark room (Apostrophe).

Fig. 5. Heliotropism of the protonema in a blue light; ✓ direction of rays.

Fig. 6. State of the cell of the protonema shrinking at -15°C .

Fig's. 7, 8 & 9. Protonema in a state of desiccation.

7. filamentous cell; 8. tadpole-shaped protonema;

9. lens-shaped cell.

Fig. 10. Protonema cultured in KNO₃'s solution.

Fig. 11. Spore.

Fig's. 12 & 13. Cylindrical filament issuing from the spore.

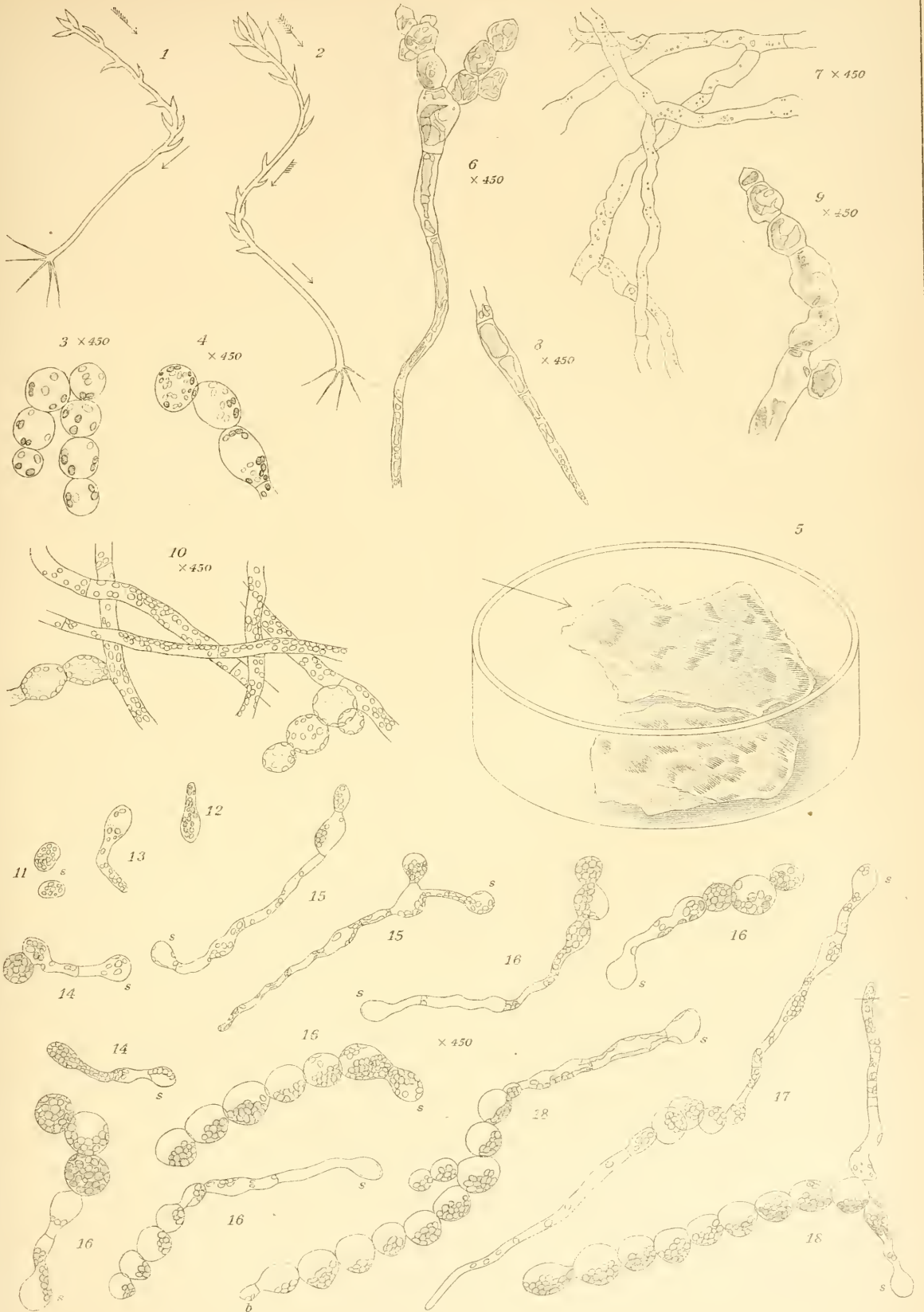
Fig's. 14 & 15. First lens-shaped cell produced from the filament.

Fig. 16. A row of lens-shaped cells produced by budding.

Fig. 17. Filamentous cell produced from the terminal lens-shaped cell.

Fig. 18. Beginning of ramification.

b) new cell produced by budding.



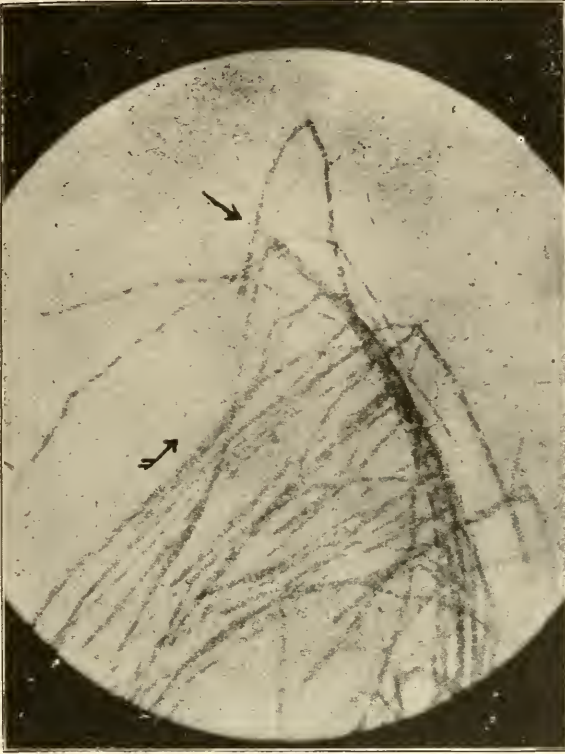
Y. TODA :
PHYSIOLOGICAL STUDIES ON SCHISTOSTEGA OSMUNDACEA.

PLATE II.

Plate II.

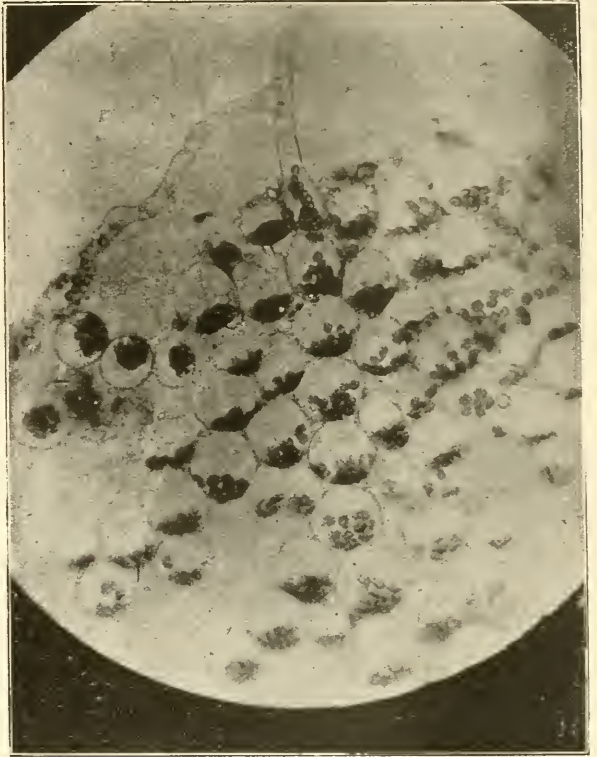
- Fig. 19. Photomorphic action of the filamentous protonema of *Schistostega osmundacea* (DICKS.) MOHR. ; ✓ first direction of rays ; ✎ direction of rays after being turned 180°.
- Fig. 20. Normal position of the chromatophores in the cell of the protonema in its native place (Escharostrophe).
- Fig. 21. Shoot put in a 0.1% solution of calcium chloride for 2 months.
- Fig. 22. Tadpole-shaped protonema.
a) one that is separated from its mother cell.

19.



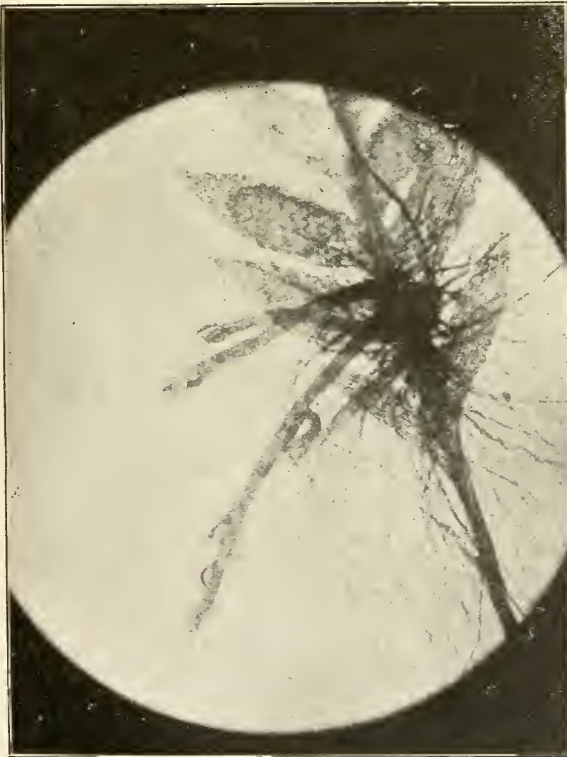
× 325

20.



× 580

21.



× 131

22.



× 508

Notes on a New *Boveria* Species, *Boveria*
labialis n. sp.

By

Iwaji IKEDA,

Professor of Zoology, Higher Normal School, Hiroshima,

and

Yoshimasa OZAKI,

Assistant in Zoology, Higher Normal School, Hiroshima.

With 21 textfigures.

In the summer of 1914, one of the authors discovered two different parasitic ciliates, belonging to the genera *Boveria* and *Licnophora* and co-inhabiting the respiratory trees of a *Cucumaria* species and also of *Stichopus japonicus*. The genus *Boveria* was erected recently by STEVENS (1901) for a parasitic ciliate (*Boveria subcylindrica*) found in the respiratory trees of *Holothuria californica*, in Monterey Bay, California. Later (1904) the same authoress¹⁾ described from two species of Neapolitan bivalves, *Tellina exigua* and *Capsa fragilis*, another form of *Boveria*, which she regarded as a variety of *Boveria subcylindrica*, calling it *B. subcylindrica* var. *neapolitana*. She gave a detailed description of the external characters, the binary fission, and the nuclear division of the two forms, yet left such important matters as the conjugation and

1) STEVENS, N. M. Further studies on the ciliate Infusoria *Licnophora* and *Boveria*. Arch. f. Prot. K., Bd. III, 1904.

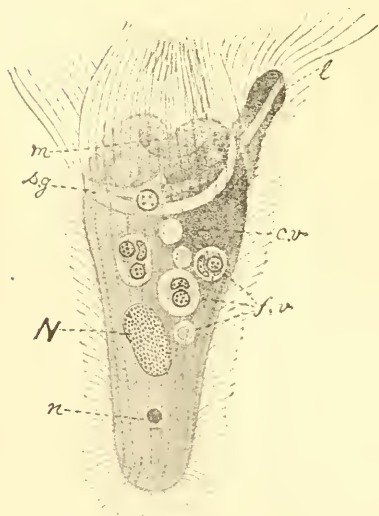
the encystment entirely untouched. In the *Boveria* species studied by us, we have been fortunate enough to make observations on these phenomena, the results of which seem to deserve publishing. As to the *Licnophora* species, we have not yet finished our studies, so that we will reserve its description until a future occasion.

Before going further, we feel it our pleasant duty to express our hearty thanks to Professor IJIMA for his kind advice and criticism during the writing and publishing of this paper. We are also much indebted to Mr. B. AOKI, formerly of the Anatomical Laboratory of the Kiu-Shiu Imperial University, for his kind help in the matter of obtaining some of the relevant literature.

I. Description of *Boveria labialis* n. sp.

The present species of *Boveria* lives in abundance not only

Fig. 1.



An individual $60\ \mu$ long. Del's. hæmatoxylin. c.v., contractile vacuole; f.v., food vacuoles; l., lip-like process of peristomal disc; m., mouth; N, meganucleus; n., micronucleus; s.g., spiral groove.

in the respiratory trees of the holothurian hosts mentioned before, but also in the gill-lamellæ of a *Tellina* species. The animals (fig. 1) are of the shape of a trumpet, being $31\text{--}100\ \mu$ in length. The aboral end, with which the animals are usually found adhering to the inner surface of the respiratory organs of the host, is rounded and measures, as ascertained on preparations fixed with SCHAUDINN'S solution, $8\text{--}16\ \mu$ in diameter. The broader, slightly elevated end, measuring $16\text{--}26\ \mu$ in width, represents the peristomal disc. Appended to it on one side, is an anteriorly directed rod-like

process, the lip (*l*), 10—15 μ long. The mouth (*m*) is a shallow but tolerably wide oval depression placed nearly at the centre of the peristomal disc. The margin of the disc is bordered by a narrow and very shallow groove (*s.g.*), which starts from the very tip of the lip, and after taking a spiral course of about $1\frac{5}{6}$ turns, ends in the mouth-depression. The two ridges bordering this spiral groove carry each a single series of strong cilia, which are about $\frac{1}{3}$ as long as the body-length. The remainder of the body-surface is covered by finer and much shorter cilia arranged in 20—26 longitudinal rows.

The contractile vacuole (*c.v.*) may be seen in the living specimens as a small clear vesicle, lying generally beneath the peristomal ciliated groove. The mouth is not followed by a cytopharynx. Nor is the finely granular lenticular disc present, which is said to exist in the aboral region of *Boveria subcylindrica*. There are several food-vacuoles of varying sizes, mostly situated in the anterior half of the body. Of the two nuclei, which are hardly visible in the fresh state, the elliptical meganucleus (fig. 1, *N*) is situated usually in the middle of the body, while the vesicular micronucleus (*n*) lies near the aboral end. The meganucleus in the resting state appears, when examined in the fixed and stained state, as a thick mass of minute, homogeneously deeply stained granules on a very delicate network of linin, the whole structure being bounded against the entoplasm by a faintly stainable nuclear membrane. But, in individuals which are in the process of fission or of conjugation, the meganucleus reveals a structure very different from that mentioned above; that is, while the majority of the nuclear granules, which seem to represent plasmosomes, are contracted into a slightly stainable central mass, thus giving rise to a narrow clear area between this mass and the nuclear membrane, a few, which are deeply stained with

hæmatoxylin and no doubt consist of chromatin, are separated from the central granular mass and attached to the nuclear membrane. The micronucleus in the resting state is vesicular and contains the chromatin massed together in the centre, thus a clear peripheral space being produced inside the nuclear membrane. When the micronuclear division sets in, the central chromatin mass is transformed into chromosomes, which are always four in number.

The present species in question differs markedly from the known American species as well as its Neapolitan variety in possessing the prominent lip on the peristomal disc. From the Neapolitan variety it further differs in the rounded, instead of the pointed, shape of the aboral end and in the larger extension of the oral ciliary spire. The following table shows other points of differences between the three forms of *Boveria*.

	Host	Body length	Breadth of oral end	Breadth of aboral end	Form of aboral end	Oral ciliary spire	Lenticular disc	Lip
Californian form	<i>Holothuria californica</i>	54—81 μ	18—21 μ	9—15 μ	rounded	1 turn and 290°	present	absent
Neapolitan form	<i>Tellina exigua</i> , <i>Capsa fragilis</i>	37—102 μ 65—121 μ	20 μ (on an average)		pointed	1 turn and 210°	absent	absent
Japanese form	<i>Stichopus japonicus</i> , and <i>Tellina</i> sp.	32—100 μ	18—26 μ	8—16 μ	rounded	1 turn and 290°	absent	present

We feel fully justified in regarding the Japanese form as a new species, for which we propose the name of *Boveria labialis*.

II. Conjugation.

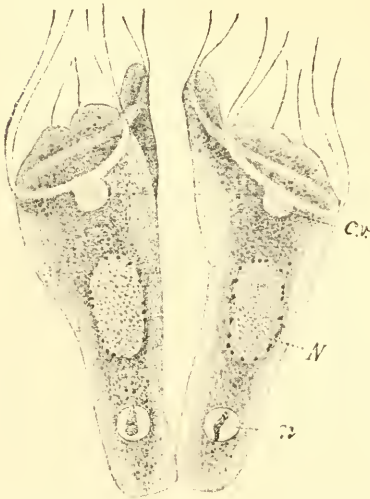
In all well investigated ciliates, conjugation is known to take place after fissions frequently repeated during a prolonged period. This is also the case with the present species, the conjugation occurring periodically. As the large number of individuals living inside the respiratory tree of the same host must have originated from a single or a few progenitors and should have passed approximately the same number of generations, they may reasonably be assumed to be at a given moment all nearly the same in their physiological condition. Probably this explains to a degree why in *Boveria labialis* the majority of individuals in the same host are found simultaneously in conjugation, if they are found at all in that stage. It is, therefore, necessary to take several holothurians infested by the ciliates, in order to obtain the different stages of this reproductive phenomenon. Good permanent preparations were made by lightly smearing the respiratory tree containing the parasites on slips, and by treating with SCHAUDINN's solution, afterwards staining with iron-haematoxylin and orange-G. We also prepared sections, making use of various combinations of fixing and staining reagents, but with no specially recommendable results.

The conjugation of *Boveria* belongs to the isogamous type. Nevertheless, it presents some interesting points of deviation from the common type attributed to the Ciliata. To mention some of the most remarkable points; (1) the two conjugants come into mutual attachment with their aboral ends, instead of with the oral; (2) the mēganucleus in each conjugant does not disappear, as it usually does, but persists after conjugation, eventually becoming coalesced with derivatives of the original synkarion; (3) the micronucleus of each conjugant undergoes divisions, of which

the first division is invariably amitotic and the second and third mitotic, these latter giving rise to numerous fine chromatin threads, while in ex-conjugants the micronucleus divides always mitotically and gives rise to four distinct chromosomes. The third point seems to be particularly noteworthy, since it involves facts which seem to suggest an explanation as to the mutual relation of mitosis and amitosis both ontogenetically and phylogenetically. It is interesting to note that LAPAGE and WADSWORTH¹⁾ have recently reported from *Dendrocometes paradoxus* an interesting case of the heterogeneity of micronuclear division, which is, however, less complicated than the present case. According to the authors, distinct chromosomes arise in the divisions during conjugation, while in the divisions during bud-formation there appear simple minute chromatin granules instead of chromosomes.

To begin with the changes of the micronucleus, leading to

Fig. 2.



Figures 2–13 relate to the conjugation. Iron-haematoxylin.

the formation of the conjugation-spindle. When two conjugants come into mutual attachment, the micronucleus (fig. 2, *n*), which is still in its original position, begins to swell. Then the entire micronucleus gradually elongates, first into an elliptical shape and later into that of a bow with swollen ends (fig. 3, *n*). The micronucleus thus transformed finds its place always on one side of, and closely to, the meganucleus (*N*), which has up to this moment remained unchanged in position and

1) LAPAGE, G., and WADSWORTH J. T.—On *Dendrocometes paradoxus*; Part II, Reproduction. Q. J. M. S., Vol. 61, 1916.

structure. This stage of the micronuclear division seems to last for a comparatively long time, since it is very often met with in conjugating individuals. The two ends of the bow-like micronucleus become more and more swollen, while the intermediate parts are thinned out and finally become cut off in the middle. Neither spindle fibres nor chromatin threads make their appearance in the

Fig. 3.

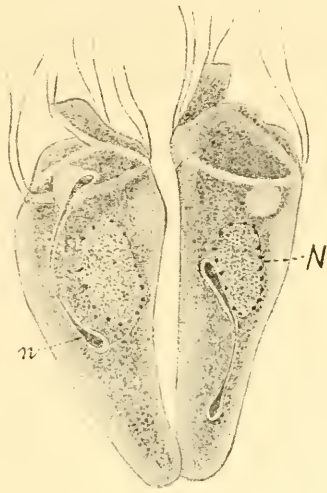
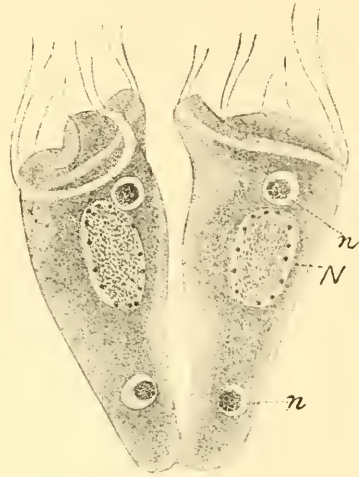


Fig. 4.



meanwhile. After the division, both daughter nuclei reassume a spherical shape and enter into the resting stage (fig 4, *n*), when all the chromatin substance is massed together in the centre of a clear space which is bounded all round by a delicate nuclear membrane.

The second division of the micronucleus proceeds in the following way. The spherical nucleus first becomes slightly swollen and afterwards spindle-shaped; meanwhile the chromatin contents become arranged into fine and numerous filaments, the exact number of which cannot be made out (fig. 5, *n*). The spindle thus formed takes in the sequel the shape of a dumb-bell, the two ends of which contain each a group of fine chromatin threads. When the

Fig. 5.

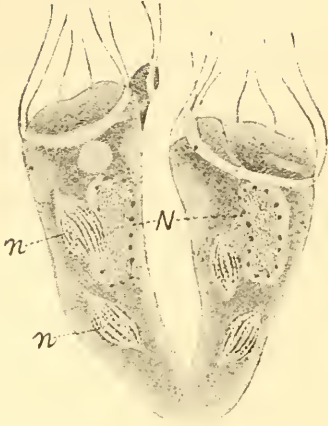
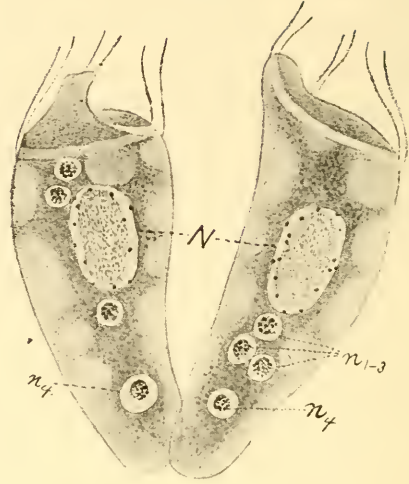


Fig. 6.



second division is over, there are produced in each conjugant four spherical micronuclei (fig. 6, n_1 — n_4), each consisting, as before, of a central chromatin mass and a clear peripheral space. Three of these micronuclei (fig. 7, n_1 — n_3) are destined to degenerate and disappear sooner or later, while the remaining one (n_4) persists and undergoes further changes preparatory to the third or the ripening,

Fig. 7.

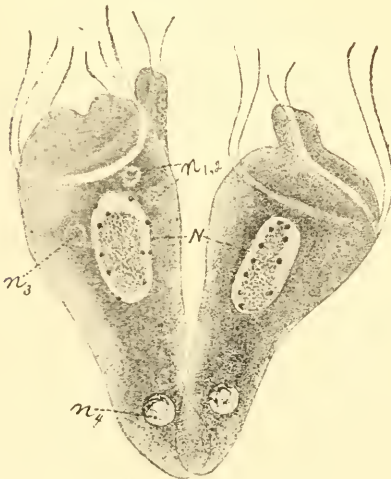
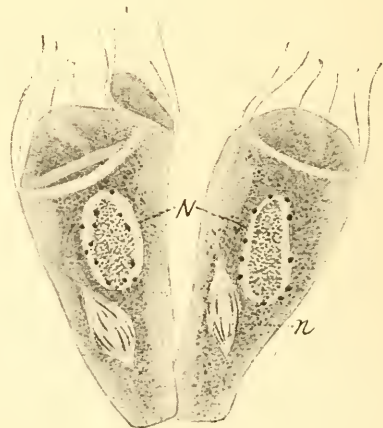
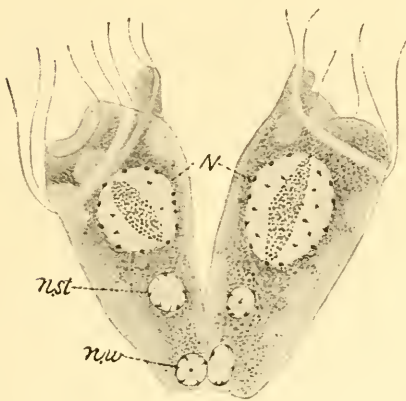


Fig. 8.



division. In this case, the hitherto compact chromatin mass gradually loosens and dissolves itself into separate granules, which soon rearrange themselves into short threads irregularly disposed in the clear micronuclear space (see n_4 in fig. 7). After that the micronucleus takes the shape of a spindle of the usual appearance (fig. 8, n). The chromosomal threads are now seen to consist each of a linear series of minute granules. They are so fine and so closely set together that they cannot be counted, nor the mode of their distribution exactly be made out. The two spherical micronuclei (fig. 9, $n. st.$ and $n. w.$), resulting from the third division,

Fig. 9.



closely resemble in structure the mother nucleus (fig. 7, n_4) before the spindle formation, except in one important fact, that the chromatin structures contained in either one are noticeably less both in number and in quantity than in the mother nucleus (*cf.* fig. 7 with fig. 9). There can scarcely be a doubt that the third micronuclear division is a reducing one, brought

about by the chromosomal threads in the maturation spindle not undergoing a splitting of any kind, and by their becoming distributed in equal parts between the two daughter micronuclei. It is to be mentioned that R. HERTWIG (1888) has made out in *Paramecium aurelia* that its sexual nucleus contains about half as many "Chromatin-elemente" as the micronucleus of ordinary individuals. This seems to be very similar to the reducing process in the present case.

The two micronuclei resulting from the above ripening division in each conjugant are the stationary and the wandering micro-

nuclei. In both the chromatin never concentrates, accordingly the peripheral clear space inside the nuclear membrane does not appear. The wandering nucleus shifts its position to the aboral end of the body, *i.e.*, to the point of adherence of the conjugants, and the two corresponding nuclei (fig. 9, *n.w.*) stand side by side without moving for a relatively long period. This seems to be due, in part at least, to the slowness with which the plasmic fusion is accomplished between the two conjugants. Unfortunately we have not succeeded in directly observing the interchanging migration of the wandering nuclei. But no doubt this really occurs, followed by the coalescence of the immigrated nucleus with the stationary

Fig. 10.



Fig. 11.



nucleus in each conjugant, as the result of which process the synkari-on is formed (fig. 10, *sy.*). This is about twice as large as either of the two coalescing micronuclei, and contains numerous chromatin threads which run on the whole parallel to one another. Soon afterwards the chromatin threads condense and eventually become rearranged into a single, moderately thick and continuous ring twisted in the manner of the figure 8 (figs. 11, *a*). This ring lies close to the nuclear membrane. The entire synkari-on now begins to elongate so as to acquire the shape of a spindle; in the meanwhile the 8-shaped chromatin thread becomes discontinuous at one point and gives rise to a long and irregularly coiled thread (fig. 11, *b*) which takes a central position. This single chromatin thread divides twice transversely,

giving rise to four chromosomes of about equal length (fig. 11, *c* and *d*). These chromosomes arrange themselves in equatorial parts of the spindle, all disposed parallel to one another and to the spindle axis. In this position each of them splits longitudinally, thus giving rise to eight slender chromosomes (fig. 11, *e*). After that, half the number of the chromosomes—that is to say, four of them—travel to either pole of the spindle (fig. 11, *f*). A set of fine diverging fibres, extending from the poles into the interior of the spindle, is visible in properly manipulated preparations. We have not detected in the neighbourhood of the poles any structure which may be construed to represent the centrosome. The entire spindle now stretches out extensively; its middle parts gradually thin out, until it is there cut off into two, thus bringing the first division of the synkarion to an end.

Each of the two daughter synkarions soon afterwards enters into a resting or reconstruction period (fig. 12, *a*). During this

Fig. 12.



period the chromosomes disintegrate into separate granules, which are aggregated together not very densely in the central parts of the now spherical daughter synkarion. This state seems

to last only for a short time. Then, the chromatin granules are loosened and rearrange themselves into an entangled spireme-like band (fig. 12, *b*). This band becomes discontinuous at three places, and by condensation brings forth four longish and relatively thick chromosomes lying parallel to one another (fig. 12, *c*). Now the daughter synkarions are each transformed into a spindle figure (fig. 12, *d*) similar to that of the first synkarion division. The spindle gradually elongates, in the sequel becoming constricted in the middle. In this second division of the synkarion the chromosomes do not perform longitudinal splitting, as they did in

the first division, but divide transversely, so that there arise two sets of four parallel chromosomes, the sets soon afterwards to be divided between the resulting two grand-daughter synkarions (fig. 12, *d* and *e*). The chromatin contracts into a compact mass in all these four nuclei of a conjugant. In three of them, this mass assumes the shape of a crescent or a comma (fig. 12, *f*, and fig. 13, *g. d. sy*₁₋₃), while the remaining one is peculiar in having

Fig. 13.



the chromatin mass of a spherical form (fig. 13, *g. d. sy*₄). It may here be mentioned at once that the latter is the one which persists as the micronucleus in the ex-conjugant. Now the process of conjugation is at an end, and the two conjugants begin to detach themselves from each other.

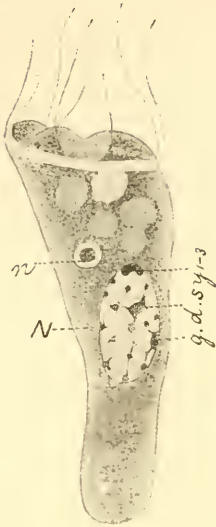
We will now turn our attention to the meganucleus in each conjugant.

During the early stage of conjugation the meganucleus shows little change in its appearance, except in one important point: that the granular nuclear plasm has differentiated into two parts, that is, the majority of the granules, which are only lightly stained with hæmatoxylin, and a few others which lie around the former and are stained very deeply with hæmatoxylin (fig. 2, *N*). In our opinion, the granules of the former kind represent plasmosomes, while those of the latter kind consist of chromatin. About the time when the micronucleus of the conjugants has first divided into two (fig. 4), the meganuclear granular plasm begins to contract, leaving a clear space between it and the nuclear membrane. This clear space grows gradually wider (*cf.* figs. 5—9, *N*), excepting at two opposite ends of the major axis of the elliptical meganucleus, where the meganuclear

granular plasm is directly, or almost directly, attached to the meganuclear membrane (figs. 9, 10, and 13, *N*). The above contraction process of the granular plasm occurs on the outset equally in both the plasmosomic and the chromatin granules (figs. 4 and 5). But this is not so later, when the intranuclear peripheral clear space has grown wider than before (figs. 6—10, *N*), then the peripherally situated chromatin granules cease to partake in the further contraction of the plasmosomic granules, and begin to liberate themselves from the last mentioned eventually to attach themselves to the meganuclear membrane. Although it is very difficult to decide if the granules so disposed represent the entire chromatin in the meganucleus, yet we are inclined to believe that to be the case, since in preparations treated with differential stains, there exist in the central granular mass so far contracted no bodies which show staining reactions for chromatin. No further change takes place in the meganucleus during the process of conjugation. It never manifests any sign of disintegration, which, in other infusorians, usually befalls the meganucleus at a certain period of conjugation. On the contrary, in the present species, the conjugant meganucleus persists in the state described above not only during conjugation but even after it. In this respect the species offers a remarkable exception to the general rule among the infusorians.

The formation of nuclei in the ex-conjugants goes on in the following way. Of the four small nuclei resulting from the twice repeated division of the synkarion, those three, in which the chromatin has acquired a comma-like shape (fig. 13, *g. d. sy*₁₋₃), undergo degenerative changes and cease to exist as independent structures, but attach themselves to, and then become incorporated with the meganucleus. In the meganucleus of an ex-conjugant represented in fig. 14, there are found three relatively large and deeply stained dots (*g. d. sy*₁₋₃), which are conspicuously larger than the ordinary

Fig. 14.



An ex-conjugant just after the conjugation. Iron-haemoxilin. In the interior of the meganucleus (*N*) there exist the three quarter-portions of the synkarion (*g. d. sy*₁₋₃). The plasmosomic granules in the meganucleus are not represented.

meganuclear chromatin granules visible there—in this figure the deeply lying plasmosomic granular mass is not represented. They are nothing else, in our view, than the three quarter-portions of the synkarion above referred to and incorporated with the meganucleus. We are not quite clear about the true significance of this fusion of the three quarter-portions of the synkarion with the old meganucleus, unless it be an indication of the physiological rejuvenescence or reinforcement of the latter. As an indirect evidence of the above view, it may be pointed out that, as soon as the amalgamation of the nuclei is over the ex-conjugant begins to take food and grows a little larger, while the renovated meganucleus returns to its normal appearance, *i.e.*, the state in which the central granular mass expands

and occupies the whole interior of the nuclear membrane, and the peripherally situated chromatin granules are lost to sight as such and sink in between the plasmosomic granules. It is a highly interesting fact that, in the first and second fissions which occur after the conjugation and details of which will be given in the next section, the three quarter-portions of the synkarion incorporated with the meganucleus reappear in the dividing meganucleus (figs. 15 and 16, *g. d. sy*₁₋₃). This phenomenon never occurs in the ordinary fission of the animal, and may therefore be said to be peculiar to the first two fissions of ex-conjugants.

III. Fissions following the conjugation.

The most prominent cytological changes accompanying the first fission of the ex-conjugant are presented by both its micronucleus and meganucleus. The process of the first micronuclear division is entirely similar to that described by STEVENS in the Neapolitan form of *Boveria*. The chromatin mass first contracts into a crescent-like shape and subsequently divides, by two cleavage planes crossing each other at right angles, into four comparatively thick chromosomes which later are so disposed as to be parallel to one another. Then the entire micronucleus is transformed into a long spindle, the four chromosomes taking the equatorial position as usual. The subsequent processes are on the whole similar to those before described in the divisions of the synkarion. The two daughter micronuclei (fig. 15, *n*) on entering the resting stage, separate from each other and place themselves one at each end of the now elongated meganucleus. The mega-

Fig. 15.

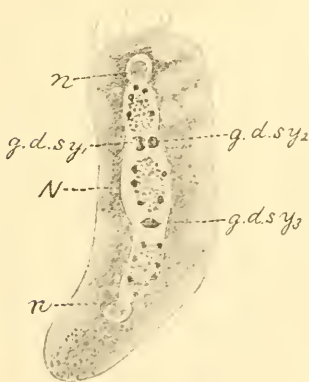


Figure 15—17 relate to the first binary fission after the conjugation. Iron-haematoxylin. All the reference letters are the same as those in the preceding figures.

nucleus elongates more and more in the direction of the body-axis; meanwhile, its granular contents contract and divide into three nearly equal-sized masses, lying one behind the other. In the two clear spaces between the middle and the other two masses, there are found in all three chromatin granules (fig. 15, *g. d. sy*₁₋₃), which are conspicuously larger than any of the darkly staining chromatin granules in each of the three meganuclear granular masses. They vary somewhat in shape, but are in most cases crescentic. As pointed out before,

these cannot be anything else than the three grand-daughter synkarions which were taken up by the persisting meganucleus.

The meganucleus now begins to divide by simple constriction at the two clear spaces between the three granular masses. The result of the division: three meganuclei of a spherical shape and approximately uniform size, are simultaneously produced each including, besides its own small chromatin as well as plasmosomic granules, one of the three large chromatin masses derived from

Fig. 16

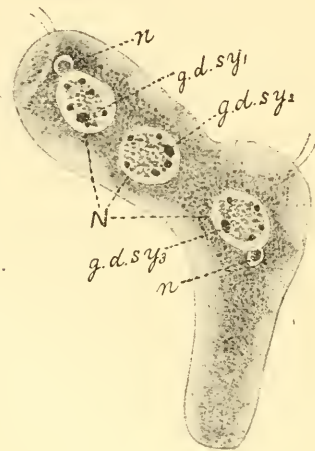
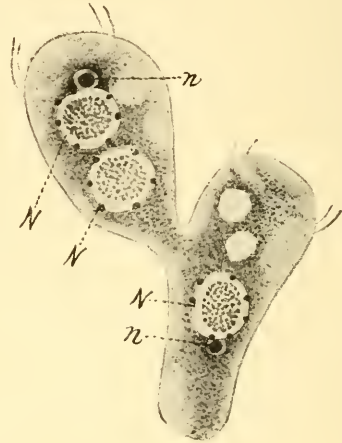


Fig. 17.



the original synkarion (see fig. 16). After this trinal division of the meganucleus, the oblique transverse binary fission of the ex-conjugant commences. As to the morphological changes which the cytoplasmic structures undergo during this fission, there is an essential agreement with those taking place in the ordinary binary fission of the species (see later) and also with those described by STEVENS in *Boveria subcylindrica*, so that their full description may here be dispensed with. Only one peculiar feature may be pointed out, *viz.*, the fact that in the first binary fission of the ex-conjugant, one of the three newly arisen meganuclei passes over into the lower individual, while the other two go to the upper

(fig. 17). Now in this upper individual the micronucleus divides into two, and then follows the binary fission of the body, whereby each of the two resulting individuals receives both one micronucleus and one meganucleus. The result is, that the three individuals arising from the trinal fission of an ex-conjugant contain each a meganucleus and a micronucleus. Thus they have now returned to the condition of the resting stage.

STEVENS has fully described the ordinary binary fission in *Boveria subcylindrica*. In that case, it is said that the granular part of the meganuclear plasma divides into three masses, two polar and one central; the central one again divides into two, each of which fuses with one of the polar, so that, ultimately, there exist only two granular masses representing the meganuclei of the two individuals that shall arise from the fission. In *Boveria labialis*, we have never come across a case of the division of the ex-conjugant meganucleus taking place in a similar way. The ordinary binary fission in the present species proceeds in the following way. In full-grown individuals ready to multiply, the micronucleus divides in the manner already described, essentially agreeing with STEVENS' description. At the time when the long drawn out micronuclear spindle approaches the likewise elongated meganucleus, the granular contents of the latter are found in the contracted state, the chromatin granules being found scattered on the surface of the large mass consisting of the plasmosomic granules. About this time the organism loses its cytostome as well as the oral ciliary spire. When the micronuclear division is finished, the two daughter micronuclei enter into the resting stage and come to be situated nearly at opposite poles of the meganucleus. Meanwhile, the first sign of the fission makes its appearance as light and incomplete ring-furrow running obliquely around the middle of the body. Before the fission is completed,

both the upper and the lower individuals become provided with a mouth and a low oral ciliary spire. At this stage the meganucleus is already constricted into two of equal size and of quite a similar structure. The chromatin granules now leave the surface of the central plasmosomic mass and adhere to the inner surface of the nuclear membrane, exactly as they do in the individuals arising from the first fission after conjugation (see fig. 17).

From the foregoing, it will be clear that, in the present species, there may be distinguished two types of meganuclear division, namely, the trinal and the binary. The former takes place in the two successive fissions following the conjugation, the latter in the ordinary binary fission. We are of the opinion that the first binary fissions of the ex-conjugant are but a modification of trinal fission. This seems plain, not only from the trinal division actually undergone by the ex-conjugant meganucleus, but also from the presence within the meganucleus of the three quarter-parts of the synkarion chromatin. This mode of fission of the ex-conjugant may be regarded as a process by which asexual reproduction, and at the same time, a regulatory distribution of the meganuclear and micronuclear substances are accomplished. In this sense this modified trinal fission in question may be called the regulatory fission.

We are inclined to think that similar sorts of the two types of meganuclear division and of fission possibly exist also in the species studied by STEVENS, to which the present species is closely related in many other respects.

IV. Fragmentation of the meganucleus and its physiological significance.

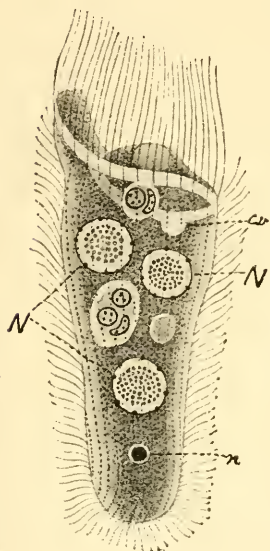
In *Boveria labialis*, the occurrence of a single meganucleus and a single micronucleus is to be looked upon as the normal

state, but frequently one meets with individuals possessing 2—6 meganuclei and a single micronucleus. Such polymegannuclear individuals are in percentage roughly as follows:

Individuals with 2 meganuclei 5%; those with 3 meganuclei 90%; those with 4 meganuclei 4%; those with 6 meganuclei 1%.

We see that individuals with 3 meganuclei (fig. 18, *N*) are by far the most prevalent. As far as our observations go, the

Fig. 18.



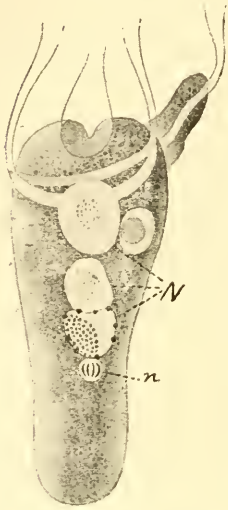
This figure and the next show individuals with supernumerary meganuclei (3 in both). Iron hæmatoxylin.

polynuclear condition is brought about by fragmentation of the single original meganucleus, which process takes place mostly after, and rarely before or during, the conjugation. We have ascertained that all the supernumerary meganuclei sooner or later disappear, and only one persists. From the indefiniteness of the period in which the fragmentation occurs, and from the persistence of the conjugant meganucleus, it is evident that the present case of megannuclear fragmentation is a process physiologically entirely different from that generally known in infusorians.

According to our opinion, the present case is to be regarded as a regulatory process of the organism, which sets in when the normal karyoplasmic relation tends to be disturbed in HERTWIG's sense, or, more precisely, when the megannuclear substance has made an excessive growth. In the present species, the conjugant meganucleus persists and moreover fuses with three of the four daughter synkarions. These facts seem, in our opinion, to provide reasons for why there must take place in the meganucleus an occasional throwing off of the nuclear matter.

It is interesting that we have frequently met with individuals with supernumerary meganuclei, in which the micronucleus (fig. 19, *n*) was found to contain four distinct chromosomes, though

Fig. 19.



In this individual, the micronucleus (*n*) is forming 4 chromosomes, but shows no other signs of division; 2 faintly stained meganuclei are in the process of degeneration

showing no distinct karyokinetic figure.

In the individual shown in fig. 19, of the three meganuclei (*N*) present, two have their contents remarkably less strongly stained than the third; this probably indicates that the two are in the process of degeneration. We have also met with individuals in which the supernumerary meganuclei are degenerating still further, while the micronuclear contents are found in the normal state, *i.e.*, forming a compact mass. Now, judging from the fact that in the ordinary fission the micronucleus divides first and then the meganucleus in its turn, the above case may be interpreted in this way, that in those individuals the micronuclear division and

consequently the fission of the body have been suppressed probably owing to a certain abnormality in the physiological condition of the organism, and this has caused the fragmentation of the overgrown meganucleus.

Not infrequently the meganucleus of the present species is seen to perform chromidia formation. In this case the meganucleus contains an unusually small number of chromatin granules in the periphery, and in the central parts very large compact chromatic masses numbering more than two. These central chromatic masses later leave the meganucleus and come into the cytoplasm in which they are probably absorbed in the end.

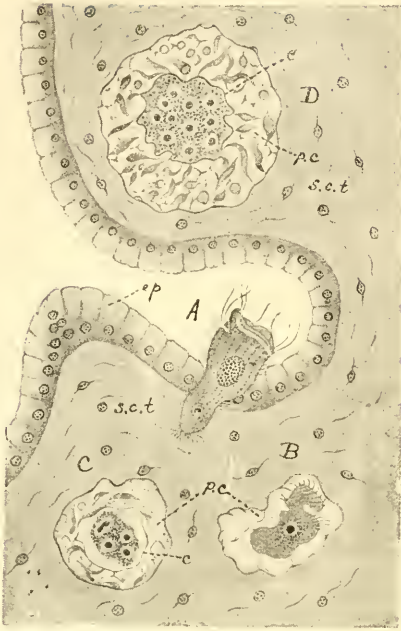
In passing the bacterial infection of the *Boveria*, which is occasionally observed, may be mentioned. We have here to do with a *Bacillus* form, of which large numbers generally accumulate in the neighbourhood of the meganucleus. The parasites are strongly stained by DELAFIELD'S hæmatoxylin and by iron-alum hæmatoxylin, and are easily liable to be mistaken for chromidial bodies. They do not seem to cause any serious harm to the host.

V. Encystment.

Boveria labialis was observed by us to encyst in the sub-epithelial connective tissue of the respiratory tree of the host. The encystment seems to occur when the parasites have had to live under certain unfavourable conditions, for instance, when the water in the respiratory organ has become poor of oxygen. This may be occasioned by the host long remaining in a forcibly contracted state or in the air during low tide, or when a shortage of food has set in, probably owing to excessive multiplication of the parasites.

Ordinarily the encystment proceeds in the way to be described below and illustrated semidiagrammatically in fig. 20. Any individual about to encyst first attaches itself always with its aboral end to the inner epithelium of the respiratory tree. Then it penetrates the epithelium and begins to sink gradually deeper in the subepithelial connective tissue (see the individual A). After having completely burrowed into the connective tissue, the organism gradually and strongly contracts its own body (the individual B.) During this contraction period the organism loses the peristomal disc, the contractile vacuole, the meganucleus, and food vacuoles, consequently the micronucleus and the cilia on the general body-surface represent the only visible organs. The cilia not only persist but become gradually longer and later even thicker,

Fig 20.



Four stages of the encystment, combined for convenience into one figure; full explanation is given in the text. Fixed with picro-acetic acid solution, sectioned, and stained with iron hæmatoxylin and orange-G. *c.*, cyst; *cp.*, inner epithelium of the respiratory tree; *p.c.*, pericyst cavity; *s.c.t.*, subepithelial connective tissue.

wall of the organism the cilia are attached with both their distal and proximal ends. It is true, however, that the proximal or inserting ends of the cilia are, in most places of the body of the organism, easily torn off by the knife-blade during microtomising, as is represented in cyst *B*.

At the stage represented by the individual *C*, the organism is found completely contracted into a roundish body, in the interior of which the original single micronucleus has just started direct division. A little prior to this micronuclear multiplication, the organism secretes the cyst which is often widely separated from the body, as is represented in the figure. The cilia are now

and lie as a whole within a tolerably wide cavity (*p.c.*) developed around the body of the parasite. This last mentioned cavity, which may be called the pericyst cavity, is a space in the connective tissue, which no doubt has arisen through a destructive disturbance caused by the encysting parasite on the surrounding tissue. The cavity is bordered all around by a more or less dense sheet of the matrix of the tissue. In a later stage of the encystment (the individual *D*), some of the tissue cells enter into the substance of this bordering wall of the pericyst cavity. To this wall as well as to the thin pellicular

transformed each into a thick spindle, the slender terminal portions of which often anastomose with those of the neighbouring cilia.

Finally there comes the stage represented by the individual *D*, which is the most advanced we could observe. Here the entire cyst has grown enormously, measuring about $85\ \mu$ in diameter, about two fifths of which length belong to the diameter of the cyst-proper. The wide pericyst cavity is traversed, as was the case in preceding stages, by innumerable modified cilia. The anastomosis between the last mentioned has now become notoriously intricate. The micronuclear multiplication has advanced very much, the resulting minute nuclei being produced not less than fifty in number.

We have not been enabled to observe further changes of the cyst lastly described. But it is conceivable that the cyst contents ultimately divide into as many uninucleate bodies as there are nuclei, and the latter are set free probably by dehiscence of the surrounding tissues of the respiratory organ.

We have not infrequently met with another type of encystment, which we venture to attribute also to *Boveria labialis*. According to our observations this sort of encystment takes place when the parasites have fallen into the body-cavity, owing probably to breaking off, by some cause or the other, of some portions of the respiratory tree. The above stated seems to be well born out by the fact that the cysts of this sort are most abundantly discovered in detached branches of the respiratory tree, freely floating in the coelomic fluid. The parasites penetrate into the connective tissue of the respiratory tree, a peculiarity of this encystment, through the outer lining epithelium of the organ. After penetration the organism contracts its body into a small roundish mass and secretes the inclosing cyst. During this contraction period all visible organellæ excepting the micronucleus are lost to sight. Now the micronucleus begins to multiply amitotically. As the micro-

nuclear multiplication advances, the entire cyst grows larger and larger until it measures about 85μ in diameter. The inclosed

Fig. 21.



Cyst of the second type.
Technique the same as in
the preceding figure.

cynthythial mass becomes at first irregular-shaped, and later complicately lobed and reticulated, recalling the plasmodial body of a certain mycetozoan.

Fig. 21 represents a cyst grown to maximum size, in which the polynucleate and reticulated appearance of the cyst contents is shown in the most advanced state. In this case of encystment too, we have not been able to ascertain the fate of the cyst.

Summary.

1. *Boveria labialis* mainly differs from *B. subcylindrica* STEVENS in lacking the cytoplasmic lenticular mass in the aboral region and in possessing a lip-like appendage on the peristomal disc. From *B. subcylindrica* var. *neapolitana* STEVENS it further differs in the rounded, instead of the pointed shape of the aboral end, and in the larger extension of the oral ciliary spire.

2. The conjugation is isogamic. Two individuals come into attachment with their aboral ends.

3. The micronucleus in the ordinary fission and also the synkarion form four distinct chromosomes in the same way. During the conjugation, the micronucleus divides in two different ways; *i.e.*, its first division is amitotic, while its second and third divisions are mitotic and give rise to numerous chromatin threads instead of four chromosomes. The third micronuclear division seems to be a reducing division.

4. The conjugant meganucleus persists as such in the ex-conjugant. This persistent nucleus absorbs three quarter-portions

of the synkarion.

5. The meganucleus often undergoes fragmentation, leading to its partial degeneration. The phenomenon seems to support HERTWIG's karyoplasm theory.

5. The meganucleus is occasionally seen throwing off a portion of its chromatin as chromidia, which sooner or later disappear in the cytoplasm.

7. Two sorts of cysts may arise according to the circumstance of the encystment. In the one, the cilia persist, but in a highly modified state, and the cyst contents appear as a roundish polynucleate plasmic mass; in the other, the cilia are lost, and the cyst contents appear as a highly reticulated body consisting of the polynucleate plasm.

Zoological Laboratory,

High Normal School, Hiroshima,

June, 1916.



Contributions to the Ethnography of Micronesia.

By

Akira MATSUMURA,

Anthropological Institute, Tokyo Imperial University.

With 36 plates and 72 text-figures.

Introduction.

When the Imperial University of Tokyo despatched in the spring of 1915 a party of scientists to the South Sea Islands newly occupied by Japan, I was one of the number and was ordered to undertake anthropological studies. On the 8th of March, we left the Yokosuka Naval Station by the *Kaga Maru*, a steamship in the service of the Imperial Navy. After several days we reached Truk, one of the largest islands in the Caroline group. If this were an ordinary cruise, we should have returned home after visiting the principal islands of the East and West Caroline and Marshall groups. The *Kaga Maru*, however, was on a special mission. The ship stayed at Truk for two days, after which she sailed in a south-westerly direction and crossed the equator, reaching the Fiji Islands. After staying two days at the islands, our ship left straight for the Marshall Islands and touched at Jabor on Jaluit. Leaving this island, we directed our course to the west, and came back to Truk by way of Kusaie and Ponapé.

Then we again steamed westward, calling at Yap and Palau. The *Kaga Maru* then sailed for Angaur, which is well known for its production of phosphorite. I had, however, landed at Palau. On the return of the vessel to Palau, I joined her again. We then visited Yap for a second time, and Truk for the third time. On our homeward voyage, we came to Saipan in the Mariana Archipelago, where I went ashore. Finally, after touching at Peel Island in the Bonin group, we arrived back at Yokosuka on May 7th.

We spent sixty-four days on the voyage, covering 11,200 nautical miles. Thus, we were mostly at sea, spending only a very short time on land, and in fact only a few hours in the case of some of the islands. Under these circumstances, it was extremely difficult to undertake anything like exhaustive researches and collections. Happily, however, Mr. J. Shibata, Assistant in the Anthropological Institute of the University, and Dr. K. Hasebe were among our party, the former to undertake archæological researches and collect ethnographical objects, and the latter to study physical anthropology. Mr. Shibata, in particular, was always with me, rendering me valuable assistance not only during our voyage but also after our return to Tokyo, for which I desire to express my warm thanks.

I present, in this paper, chiefly the manners and customs of the islanders, of which I obtained information during the voyage. But as stated above, I was not in a position to carry out any extensive researches, so that there may be some unavoidable omissions and errors in the descriptions, which I shall correct when I get another opportunity to make further investigations.

I would like here to express my gratitude to the authorities of the Imperial University of Tokyo, the Educational Department, the Naval Office, and the Yokosuka Naval Station for the facilities

granted to our party on starting on our trip of exploration, and to the staff of our South Sea Defence Squadron, garrisons on different islands, the officers and crew of the *Kaga Maru* and our residents in the islands, for the hospitality extended to us during our cruise.

To Professors Sakurai and Ijima, I desire to express my sincere thanks for the assistance they have given me in publishing the present paper. For some of the descriptions contained in this article, my warm thanks are due to Mr. K. Mori, Interpreter to the Japanese garrisons, who after twenty years' residence in Truk could give valuable information about the natives. I also wish to acknowledge my obligations to Dr. Hasebe, who allowed me to use his sketches showing tattoos on natives of Ponapé, to Mr. U. Mori, of the Government-General of Formosa, who gave me several photographs of his own taking, and Dr. G. Koidzumi, who identified for me the plants used in producing certain ethnographical specimens. Last but not least, the writer's thanks are due to Messrs. S. Takahashi, T. Takai and H. Kigawa for the assistance or convenience kindly afforded him in the publication of this paper.

The South Sea Islands, now under Japanese occupation, fall into three geographical divisions, i.e., the Mariana, Caroline and Marshall groups. With the inclusion of British Gilbert or Kingmill Islands, they are called Micronesia. I shall give a brief description of each of these archipelagos.

The **Mariana** or **Marianne Archipelago** consists of 15 volcanic islands fringed with coral reefs and scattered like so many checkers roughly between 13° and 21° N. lat., and 144° and 146° E. long. The islands extend for 420 miles from north to south, but

with a total area of only 420 square miles. The discovery of the islands began in 1521, when the famous navigator Magellan found two islands at the southern extremity of the group. He named them "Islas de las velas latinas,"¹ but "Islas de los Ladrones," the appellation given by his crew, has become the more famous. The latter means the "Islands of the Thieves" on account of the thieving propensity of the islanders. The present name of the archipelago, Mariana, was given in 1668 in honour of Maria Anna, queen to Filip IV. of Spain. The islands remained a Spanish possession until 1899, when they were sold to Germany, with the exception of Guam which had become an American possession a year before. Excluding Guam, the Mariana Islands occupied by Japan total only 180 square miles, of which more than half the area is uninhabited.

Of the Mariana group, Saipan, Tinian and Guam are larger islands. They are densely wooded and very fertile. **Saipan** (Saypan, Seypan) has a length of 13 miles and a breadth of 6 miles at the widest point, the area measuring 72 square miles. About 1889, the population of the island was only 920, which, however, increased to 2,752, according to a census taken in January, 1916. The Chamorro tribe and settlers from the Caroline Islands make up the largest portion of the population. Most of the latter bear a great resemblance to the natives of Truk, in features, manners and customs, and stage of civilization.

The **Caroline Archipelago** consists of 48 clusters comprising some 680 islands, which lie scattered over the wide expanse of the Pacific roughly from 4° to 10° N. lat., and from 134° to 165° E. long., and extending for a distance of 1,800 miles from west to

¹ So called after a kind of canoe found there with two bows and triangular matting-sails, meaning "Islands of the Lateen Sails."

east. The total area of the islands, however, is only 560 square miles. They are mostly coral islands, with the exception of a few which are of volcanic and other formations. The greater part of the former are uninhabited. Palau, Yap, Truk, Ponapé, and Kusaie are the larger islands and the more important in the archipelago, containing three-fourths of both the total population and area.

A part of the islands, it appears, were first discovered by Portuguese in about 1526, and the rest in the course of time. They were first called Sequeira. Their present name comes from the appellation given in 1686 by Admiral Francisco Lezcano in honour of Carlos II. of Spain. This name, however, was originally given to an island at the south end of the Mariana Archipelago, or probably Yap; but it came to cover the whole of the islands. The appellation was later changed to Nuevas Filipinas, but the name Carolines has become quite common.

The islands were in the hands of Spain from the discovery of the archipelago down to 1899, when they, together with the Mariana group, were sold to Germany for 25,000,000 pesetas.

A brief description will be given of five or six of the islands, on which I landed. I shall begin with those on the western extremity.

The **Palau Islands** (Palaos, Pelau, Pelew, Pellew) lie from 6° 50' to 8° N. lat., and 134° 11' to 134° 50' E. long., some 600 miles east of the Philippines. The islands, which are covered with trees and fertile, number 25 or 26, totalling some 190 square miles in area. They form the largest group in the Caroline Archipelago. Of the above total area the largest island Babeltaob (Bab-el-Thaob, Babelthaup, Babelthouap, Babeltoab, Babeltop, Bebelthuap) occupies 116 square miles. Excepting five or six important ones, such as Babeltaob, Koror, Pililiu, Angaur and one or two others, the islands

are not inhabited. The investigations made in January, 1916, place the population of the natives at only 4,880.

The Palau Islands were discovered by the Spaniards in 1543 (it is claimed that the discovery was made by Drake in 1579). It appears that Palau was not a native word and that the Spaniards originally vaguely applied this name to the whole of the islands lying east of Mindanao. According to Captain Henry Wilson,¹ they received the name of Palos from the Spaniards in the Philippine Islands. This meant "mast" in Spanish, because, it is said, the coconut trees growing wild upon the islands appeared, when looked at from far away, as if they were a cluster of masts. The Palau Islands are sometimes distinguished from the Carolines as an independent group of islands, and are occasionally also called the West Caroline Islands.

Yap (Eap, Guap, Jap, Oyap, Uap) is situated roughly between $9^{\circ} 25'$ and $9^{\circ} 36'$ N. lat., and 138° and $138^{\circ} 8'$ E. long. It lies 240 miles north-east of Palau, consisting of ten odd islands surrounded by fringing reefs. The area is no more than 79 square miles. Though there are hardly any rivulets, swamps are found here and there, so the islands are probably suited to the cultivation of certain plants. The population was 5,790, according to investigations made in December, 1915. Yap was discovered in 1543 by a Spaniard, Ruy Lopez de Villalobos.² In the native language, the name signifies the "land."

Truk (Ruck, Rug, Ruk) comprises scores of islets and islands lying roughly between 7° and $7^{\circ} 40'$ N. lat., and $151^{\circ} 20'$ and

¹ G. Keate, "An Account of Pelew Islands, situated in the Western part of the Pacific Ocean. Composed from the Journals and Communications of Captain Henry Wilson, and . . ." 2nd ed., London, 1788, p. ix.

² W. H. Furness mentions that "they (Yap) have been known to the civilized world since 1527, when they were discovered by the Portuguese." See "The Island of Stone Money," Philadelphia, 1912, p. 16.

152° E. long. It is surrounded by a large barrier reef, the circumference of which is 125 miles. The central lagoon is the largest in the Caroline Islands, measuring 35 miles in diameter. The largest island in this huge basin of water is Uola (Wola), which is over four miles from west to east, and three and a half miles at the widest point from north to south. Toloas, Fefän, Umol, Udot and Tol are more or less larger islands. The area of these larger ones, which are composed of basalt, and scores of the remaining islets total no more than 50 square miles or thereabouts, with a population of only 13,220 according to investigations made in March, 1916.

Truk was discovered by Duperry in 1824.¹ The word comes from the name of one of the islands, Truk (Fefän), which, it is said, means "mountain" in the native language. Truk is also called Hogolu.

Ponapé (Bonabe, Bonibet, Bornabi, Falope, Faunupëi, Funopet, Hunepet, Panapee, Ponapi, Puinipet, Puynipet) extends from about 6° 45' to 7° N. lat., and from 158° 8' to 158° 25' E. long. It consists of a large basaltic island some 13 miles long from west to east and 12 miles wide from north to south, as well as of scores of smaller islets scattered around it. Like Truk, Ponapé is encircled with a barrier reef, having a circumference of 50 miles. It has a total area of 134 square miles, being the largest in the East Caroline group.

Ponapé was discovered in 1595. The French call it Ascension Island. It is also called Seniavin, which is the name given by Admiral Lütke. The population was 5,000 in the year 1846. In

¹ According to F. W. Christian, in about 1528 Alvaro de Saavedra sailed into the wide lagoon of Hogolu or Ruk. See "The Caroline Islands," London, 1899, p. 23.

1858, when the Austrian frigate *Novara*¹ reached Ponapé, the population had been reduced to some 2,000. This was said to have been due to the ravages of small pox. But according to the investigations of 1915, the number had again increased to 3,600.

I landed at Ponapé harbour, and visited Jokaj (Chokach, Dschokasch) district situated west of the harbour. The natives of this district, who were dissatisfied with the conduct of the Germans, rose against the authorities on October 18th, 1910, in connection with the construction of roads. They attacked and killed the governor and a few other officials who came on a *eirenit* to inspect the roads, whereupon the Germans obtained the assistance of a warship and suppressed the native uprising. More than ten of the ringleaders were put to death and those who had participated in the uprising were deported to Yap without any distinction of sex. They were later removed to Palau. To Jokaj, however, some 150 men and women were brought from each of the four islands of Mokil, Pingelap, Ngatik and Moltlock, which are from 80 to 250 miles from Ponapé. So the natives I studied here were mostly these settlers from the above islands.

Kusaie (Kusai), which is composed of basalt, is situated at the eastern end of the Caroline Islands, between 5° 16' and 5° 23' N. lat., and 162° 58' and 163° 6' E. long. It is surrounded by a fringing reef and has an area of some 30 square miles. According to the investigations of 1915, the population was only 500, half of which number lived on the islet of Lele (Lela, Lolo). This islet, narrow in shape, lies to the east of Kusaie. The name Lele, we are told, comes from a native word meaning "permission." On this islet there is a village, which has only 17 families, but

¹ "Reise der Oesterreichischen Fregatte *Novara* um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859." Wien, 1861, III, p. 396.

the inhabitants number some 220, as mentioned above. Ships cast anchor, most of them, off this village. Lele has wellknown ruins with stone walls.

Kusaie was discovered in 1804 by Crozer, an American, who gave it the name of Strong Island, in honour, it is said, of the governor of Massachusetts, United States, at that time.¹ It is also called Ualan.

The five islands or groups of islands above described are usually divided into two groups. Palau and Yap form the West Caroline Islands, while the rest are called the East Caroline Islands.

The **Marshall Islands** include two chains of atolls, running nearly parallel to each other from north-west to south-east, between 4° 30' and 15° N. lat., and 161° and 172° E. long. The eastern group, called Ratak (Radak), has 15 atolls with a total area of 51 square miles. The western one, called Ralik, includes 18 islands, the area measuring 170 square miles. The island that occupies the most important position is Jaluit (Jalut), which is the only trade center for the whole archipelago. It has a native population of 1,000. There is a long shaped islet of the same name belonging to Jaluit. The islet has a native village, Jabor, at its north end on the widest part. There the ships cast anchor. I also visited this village. I was informed that, owing to the number of ships visiting the island, the natives had lost their former simplicity, and had become cunning from contact with the outside world.

The discovery of the Marshall Islands began in 1529, when Alvaro de Saavedra found part of the archipelago.² He called them "Los Pintados," after observing the fine tattooing of the

¹ According to Christian, Kusaie was discovered in September of 1529, by Alvaro de Saavedra. See "The Caroline Islands," p. 23.

² It is also said that in 1526 Alonzo de Salazar discovered one of the Islands of the Marshall group. F. W. Christian, *ibid.*, p. 23.

natives. The discovery of the whole group was gradually made during three hundred years from that date. Jaluit, for instance, was discovered by an Englishman, Peterson, in 1809. The present name of the archipelago comes, it is believed, from the British Captain Marshall, who explored the group in 1788. In 1883, several Japanese got adrift on Laë (Lai), one of the islands. On the receipt of a report that these Japanese had been murdered by the natives, our Government despatched Mōtaro Gotō and Keikun Suzuki to the islands in the following year to carry out investigations on the spot. At this time, it was still undecided which country possessed the Marshall Islands so they subjugated the native chiefs and returned home.¹ But after this, in 1885, Germany acquired possession of the islands.

The natives studied during our cruise among the islands above described may be classified into four races :

1. Papuans
2. Samoans
3. Chamorros
4. Caroline and Marshall Islanders.

I shall briefly describe each of these races.

1. The Papuans whom I observed were those who had been brought by the German authorities from New Guinea, Solomon Islands, New Ireland, Admiralty and other islands, to be employed as guards. More than twenty of these were on Jaluit and Ponapé. The Japanese garrisons also employed them in the same service, but later they sent them back to their native islands.

2. The Samoans on Saipan were those who were banished

¹ For details see K. Suzuki, "An Account of the South Sea Islands," (in Japanese), Tokyo, 1892.

to that island. They had their wives and children with them, so their number was over sixty. They lived near the village Tanapag, which is over two miles north-east of the village Garapan. They consisted of more than ten families and lived in the same way as in their native islands.

3. I observed the Chamorros living on Saipan. It is probable that they were originally natives of the Mariana Islands. So they are also found on Guam. Of the islands under Japanese occupation Yap is the only place where they are living near villages of the aboriginal tribe. We not only noticed that they have a comparatively large share of European blood in their veins, but also that their language, which was originally allied to that of the Tagal in the Philippine Islands, contains a very large number of Spanish words. Besides, we observe that they differ from the natives of the Caroline Islands in their physical characters.

4. The Caroline and Marshall Islanders are the most important tribes on the islands occupied by Japan. They not only inhabit the Caroline and Marshall groups, but the settlers of the former are also found on Saipan in the Mariana Islands. These tribes are called Kanakas on Truk, Saipan, Jaluit and other islands. The name Kanaka signifies "men" in the Polynesian language, and was originally applied only to the Polynesians. But later Kanaka came to cover the natives of Polynesia as well as of Melanesia, with no regard to ethnological distinctions. It is, therefore, possible that the important tribes on the islands now under our occupation also got this name under the same circumstances. It might, however, be considered that since in the classification of races these tribes are frequently placed in the Polynesian family, the word Kanaka, another name for Polynesians, came to be used also as the name for the natives of Micronesia.

It seems extremely doubtful to me whether the Micronesians are a Polynesian race, as has been said by so many authors. Among the races of the world, the Polynesians are conspicuous for their high stature and are mostly brachycephalic, as is evident from past researches. The Caroline and Marshall Islanders, on the contrary, are of middle stature, and dolichocephalic or mesocephalic, and their faces are naturally long. In other respects also, the Micronesians differ from the Polynesians. I had opportunity to observe these two races at one place and make a comparative study of them. On Saipan, I compared a tribe of Kanakas who had come from the Caroline Islands, and the Samoans, a sub-division of the Polynesians, who had been banished to the island. I recognized a great difference, which convinced me that it is proper to distinguish the Micronesians from the Polynesians.

Though the islands of the Caroline and Marshall groups are all very small, they are many in number, extending over a vast area in the Pacific. It is, therefore, inevitable that there should be some difference between the natives of the various islands. They may be divided into two different groups, i. e., the one representing the East Caroline Islands including Truk, Ponapé, and Kusaie, and the other the West Caroline Islands including Palau and Yap. The first group is dolichocephalic and of middle stature, while the second is mesocephalic and of higher stature than the first. The two groups differ not only in their physical characters, but also in ethnographical respects. Of course, the Marshall Islanders differ more or less from the natives of the Caroline Islands. But we include the former under the East Caroline group, for the sake of convenience.

It will be understood from their geographical position that mixture of races is inevitable in these islands. For instance, two

different types may be distinguished in the natives of Truk. On Yap and Palau, we notice that some of the natives have frizzy hair. We may possibly regard these facts as testifying to the mixture of races.

The ethnographical studies that will be presented in the following pages relate primarily to the general mode of life, of clothing, food and habitation of the natives of the Caroline and Marshall archipelagos. To supply the deficiencies in descriptions, I have selected some sixty out of the photographs I took during our cruise and reproduce them at the end of this paper; and in the text I also give photographic reproductions of part of my collections.

PART I.

The East Caroline Islands.

Chapter I.

Clothing and Personal Adornment.

It goes without saying that food and drink are the first essentials to the maintenance of life. It is only after this primary necessity has been satisfied that men begin to cover their body with anything like clothing. Of many savage tribes it can not be said even in the present age that clothing is an essential condition of their life. However, among uncivilized races in the tropical regions who live on what they find near at hand and who need not trouble themselves much about the acquisition of food, personal adornment is perhaps what occupies their greatest attention instead of clothing, food and habitation. It will, of course, be difficult to say this is universal, but one may clearly observe this tendency among the natives of the Caroline Islands, especially of the eastern group of the islands.

In the next pages, I shall consider the subject, following the classification adopted by Dr. J. Deniker.¹

I. ADORNMENT OF THE BODY.

This is the most primitive mode of personal adornment, the body itself being ornamented without the wearing of any foreign objects whatsoever. The East Caroline Islanders have two kinds of such adornment, i. e., body-painting and tattooing.

¹ J. Deniker, "The Races of Man," London, 1900, pp. 173-182.

1. **Body-painting.**—In the East Caroline Islands, particularly in Truk, the natives have a custom of painting the face and body with a certain pigment. This is common to both sexes from thirteen or fourteen years of age to about fifty. The pigment is called *taik*. It is of an orange colour and is made from the root of the turmeric (*Curcuma longa*), the native name of which is *afan*. The natives use this pigment as it is or after diluting it in coconut-oil.

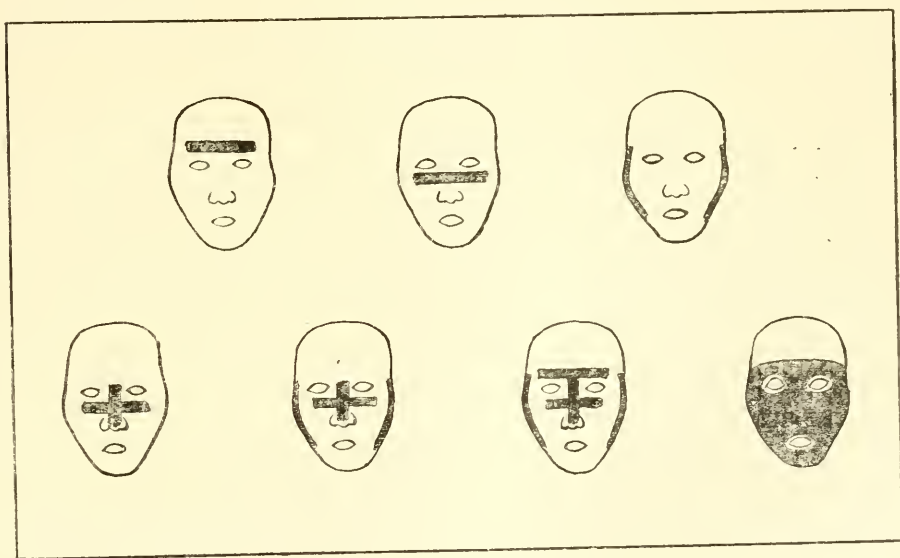


Fig. 1.—Facial painting, Truk

It appears at first sight as if there were no regular patterns in painting the face ; but closer inspection shows that seven different ways can be distinguished, though, there are apparently no differences with regard to sex or age. This face-painting is shown in Fig. 1.

Not only the face but also other parts of the body are painted. In this, however, there seems to be no regular method, colouring matter being applied to different parts of the body, with the exception of the waist. The islanders do this usually on festal occa-

sions. They are now mostly Christians, so it is customary for them to paint themselves particularly beautiful on Sundays.

Besides the inhabitants of Truk, the natives of Ponapé and those of Saipan who came from the Caroline Islands also paint the body. The custom further prevails in the West Caroline Islands. In Ponapé, it is the women, we are informed, who prepare the pigments by mixing coconut-oil or fish-oil.

The painting of the body with various pigments is practised not only in Micronesia, but the custom is also met with among different tribes in the South Sea Islands. Some of the tribes employ the colour obtained from the turmeric, which, as mentioned already, is used by the natives of the East Caroline Islands. In Rotuma, for instance, in the north of the Fiji Islands, if a chief come into the house, the people smear him over the left breast with pigments mixed with coconut-oil. It is also used for smearing the body in dances. Further, when a child is born, the mother is at once washed and colours applied to her breast and abdomen.¹ In a certain part of the New Hebrides, the women paint their entire face, and their infants all over, with bright orange turmeric or red lead.² The Samoans rub scented oil on the body from head to foot, and sometimes mix turmeric with the oil to give their skin a tinge of yellow.³

Besides the preparation from the turmeric, the important pigments used are red (clay), white (burnt shell, clay), black (burnt coconut, ore of manganese), and yellow (clay). For dances or on ceremonial occasions, the face, breast or the whole body is painted with such varieties. Of these, black is not infrequent-

¹ S. J. Gardiner, "The Natives of Rotuma," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVII, 1898, pp. 413, 480.

² B. T. Somerville, "Ethnological Notes on New Hebrides," *Jour. Anthr. Inst.*, XXIII, 1894, p. 370.

³ G. Turner, "Samoa a hundred years ago and long before," London, 1884, p. 121.

ly used as a sign of mourning.¹ O. Finsch² writes that black is the colour of sorrow in all the islands of New Guinea and Melanesia; but it does not seem that this is necessarily the case. And according to Van der Sande,³ when the natives on Humboldt Bay, Dutch New Guinea, go hunting, they paint their faces with soot. They have sixteen different designs for this purpose, which proves the existence of settled custom in painting, as in the case of the islanders of Truk. The inhabitants of New Georgia, Solomon Islands, and of British New Guinea, have also definite patterns of painting, as is described by B. T. Somerville⁴ and W. Y. Turner.⁵

The pigment *taik* is greatly prized by the natives. They do not use it for ornamental purposes only. When their relatives or acquaintances die, they bring this colour with them and offer condolences, just as we call to make offerings to the deceased. They apply the colour to the corpse to console the spirit. But, though *taik* is much valued by the islanders, it is not very difficult to make the colour. The root of *afan* is first reduced to powder by braying the same on a small piece of iron plate in which many holes are bored. This powder is mixed with water, and the mixture is filtered through cloth and precipitated. The best *taik*, which

¹ A. C. Haddon, "The Ethnography of the Western Tribes of Torres Straits," Jour. Anthr. Inst., XIX, 1890, pp. 365, 374. W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," Jour. Anthr. Inst., VII, 1878, p. 480. R. W. Williamson, "Some unrecorded customs of the Mekeo People of British New Guinea," Jour. Anthr. Inst., XLIII, 1913, p. 269. H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," Jour. Anthr. Inst., VI, 1877, p. 402. W. Macgregor, "Annual Report of British New Guinea for 1890" (Resumé: Jour. Anthr. Inst., XXI, 1892, p. 76). W. Ellis, "Narrative of a Tour through Hawaii," 2nd ed., London, 1827, p. 184. G. Turner, "Samoa," pp. 308, 342.

² O. Finsch, quoted by Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 51, 52.

³ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnography and Anthropology," Leyden, 1907, p. 54 and Fig. 25.

⁴ B. T. Somerville, "Ethnographical Notes in New Georgia, Solomon Islands," Jour. Anthr. Inst., XXVI, 1897, p. 365.

⁵ W. Y. Turner, *ibid.*, p. 480.

is called *taik maran* (raw *taik*), contains a large quantity of red matter and is much valued by the islanders, as above stated. But other kinds of *taik* are not so beautiful, namely those in which the yellow colour predominates. Both the *taik* and coconut-oil have a peculiar smell, and the bodies of the natives daubed with these preparations have the same odour.

2. **Tattooing in General.**—There are two different methods of tattooing. One is tattooing by incision (scar-ornament, cicatrization), i.e., by cutting or burning the skin. The other is tattooing by puncture (or simple tattooing), i.e., inserting pigments in punctures to mark the skin with various patterns, which form a permanent ornament for the skin. Both ways of tattooing are found among the natives of the East Caroline Islands. I shall deal with cicatrization first.

A. **Cicatrization.**—The custom of cicatrization prevails in Truk, Ponapé and some other islands. In Ponapé, not only the aborigines, but also the settlers from Mokil and Pingelap who live in Jokaj district, have this custom, though the practice is not so prevalent among them as among the former. Cicatrization is used by both men and women. In women, however, the scarification is much smaller than in men. The former have only a limited number of raised cicatrices about the size of red beans on the top of the upper arms, where they form regular patterns; while the latter have several marks cut not only on the arms but also on the breast, as shown in Fig. 2.

There are two kinds of cicatrices practised by the natives of the East Caroline Islands. The raised cicatrices, about the size of red beans as mentioned above, are marks left on the body by burning, while the short lines are scars made with knives. These are all intended for personal adornment. But we were told that



Fig. 2.—Islanders of Pohnpei with scar-ornaments on the body.
(Photo. U. Mori.)

a man and a woman in love make cicatrices on each other as signs of fidelity, so that scarification may be said to signify truth besides serving as ornament.

As regards the neighbourhood of the South Sea Islands now in the hands of Japan, the custom of cicatrization is also met with in New Guinea, Melanesia, part of Polynesia, i.e., Tonga and Hawaii. It is, further, practised among the Natives of Australia and the Negrito tribes of Luzon. The cicatrices are of the two kinds mentioned, i.e., by cutting or burning the skin, usually on the shoulders, the upper arms, the breast and the back. But sometimes cicatrices are made on the face, as in the case of the natives of New Guinea, Solomon Islands, and Hawaii.¹ The Mokeo people in British New

¹ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," p. 50. A. B. Meyer and R. Parkinson, "Album von Papua—Typen II," Dresden, 1900, Pls. 45, 47. W. Ellis, "Hawaii," p. 170.

Guinea burn the skin on the arm with the incandescent tip of a small wooden stick to make a round scar with a diameter of about one centimeter, and in a certain village young girls often have six or seven lines burnt on each arm.¹ Among the natives of the Admiralty Islands circular spots about the size of half a crown are disposed over the upper part of the chest and shoulders.² These cicatrices are very similar to those met with in the Caroline Islands. In the islands, however, one does not observe shapes of snakes, dugongs, sharks, porpoises, frigate birds or leaves, either cut or burnt, such as are found among the natives of New Guinea, Torres Straits, New Georgia (Solomon Is.) and New Hebrides.³

As already noted, the object of cicatrization is chiefly to decorate the body as well as to indicate bravery. But the scarification formerly done by the natives of Hawaii⁴ and that still practised by the women on Astrolabe Bay, German New Guinea,⁵ is made in memory of deceased chiefs and near relatives. Again, the Negritos in Luzon burn the skin for curative purposes, besides for personal adornment.⁶ Among the natives of Mowat in British New Guinea, girls on approaching womanhood have cicatrices made on the chest, to prevent the breasts dropping. Among the same

¹ R. W. Williamson, "Some unrecorded customs of the Mekeo People of British New Guinea," *Jour. Anthr. Inst.*, XLIII, 1913, p. 269.

² H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, p. 401.

³ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," p. 49; Pls. XLVII, XLVIII. O. Finsch, "Samoafahrten. Reisen in Kaiser Wilhelms-Land und Englisch-New Guinea in den Jahren 1881 u. 1885 . . ." Leipzig, 1888, p. 331 and fig. A. C. Haddon, "The Ethnography of the Western Tribes of Torres Straits," *Jour. Anthr. Inst.*, XIX, 1899, pp. 366, 367; Pl. VII. B. T. Somerville, "Ethnographical Notes in New Georgia, Solomon Islands," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVI, 1897, p. 365. G. Turner, "Samoa," p. 310.

⁴ W. Ellis, Hawaii, p. 170.

⁵ O. Finsch, quoted by Van der Sande, "Nova Guinea," III, p. 50.

⁶ W. A. Read, "Negritos of Zambales," Department of the Interior Ethnological Survey Publications, Vol. II, Part 1, Manila, 1904, pp. 36, 37. D. C. Worcester, "Non-Christian Tribes of Northern Luzon," *Philippine Jour. Science*, I, 1906, p. 807; Pls. XXIII, XXV.

tribe marks are also made on some part of the body of the women, when their brothers have killed their first dugong or turtle.¹ These are the different methods of cicatrization. One of the objects is evidently to show personal bravery, which is very characteristic of uncivilized races.

B. **Tattooing.**—The practice of tattooing is universal among the inhabitants of the different islands. Excepting children, practically all the natives tattoo without any distinction of sex, though the patterns differ as to fineness and size. There are some young men of about thirty years of age who have simple patterns of European origin or their names tattooed on the forearm, which was not, of course, the original custom. But there are others who ornament their skin with particular and complex patterns. In Truk and Jokaj district of Ponapé, the men tattoo on the upper and lower limbs, particularly over a wide surface on the lower limbs. The locality and design of marks, however, are not necessarily uniform. Some tattoo only on the outside of the thigh, while others extend the marks down the knee in several vertical strips. Among the islanders of Jaluit, however, more extreme instances are found. In the island I saw an old man the upper half of whose body was covered all over with tattoo marks. I even met with a chief who had his face pricked with marks. Some of the natives of Jokaj district, Ponapé, who came from Pingelap, have tattoos on the breast. As regards the face-tattooing, I had no opportunity to observe whether it was practised outside the Marshall Islands. The tattooing on the face forms a sort of symbol of rank, for the same is limited to chiefs only. The presence or absence of tattoos is frequently associated with rank among various other tribes.

¹ E. Beadmore, "The Natives of Mowat, Dauda, New Guinea," *J. ar. Anthr. Inst.*, XIX, 1890, p. 460.

For instance, in Yap tattoo marks differ between free men and slaves, the same occurring also in Rotuma, Hawaii and other islands. There is a custom among the natives of New Guinea that tattoos are used particularly by the warrior who has killed an enemy.¹ In Formosa, it was the original custom among the Tayal tribe to permit tattooing only to braves who took scalps.²

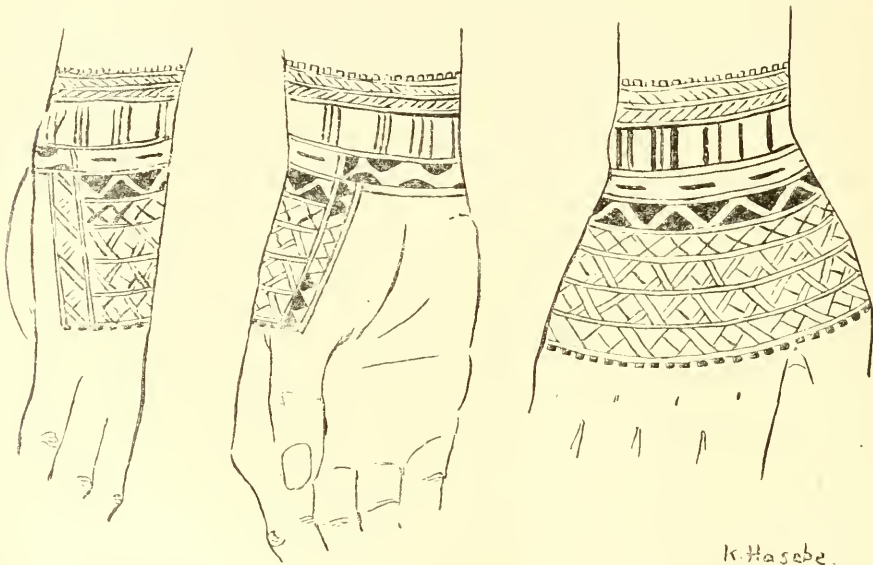


Fig 3.—Tattoo marks on the right hand of the wife of a chief of Metalanim, Ponapé.

Tattooing is also used by most women, irrespective of age, though there are young women who have only small marks on their upper limbs. Among the women of Ponapé, however, some have the upper and lower limbs covered with marks. On the

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," Cambridge, 1910, p. 130 ; Pl. XIV. A. C. Haddon, "The Decorative Art of British New Guinea," Dublin, 1894, p. 176. R. W. Williamson, "Some unrecorded customs of the Mekeo People of British New Guinea," Jour. Anthr. Inst., XLIII, 1913, p. 269.

² Y. Kojima, "Report on the Investigations of the Wild Tribes in Formosa," (in Japanese), Vol. I, 1915, p. 102; Vol. III, 1917, pp. 54, 97. Y. Suyama, "Report on the Investigations of the Wild Tribes in Formosa (The Sazak Tribe)," (in Japanese), 1917, Pt. I, p. 73; Pt. II, p. 94.

upper limbs they have geometrical patterns from the upper arm down to the outer surface of the hand; while the tattoos on the lower limbs extend from the thigh down to the lower parts of the legs, the marks including broad vertical strips as in the case of men (Figs. 3 and 4).

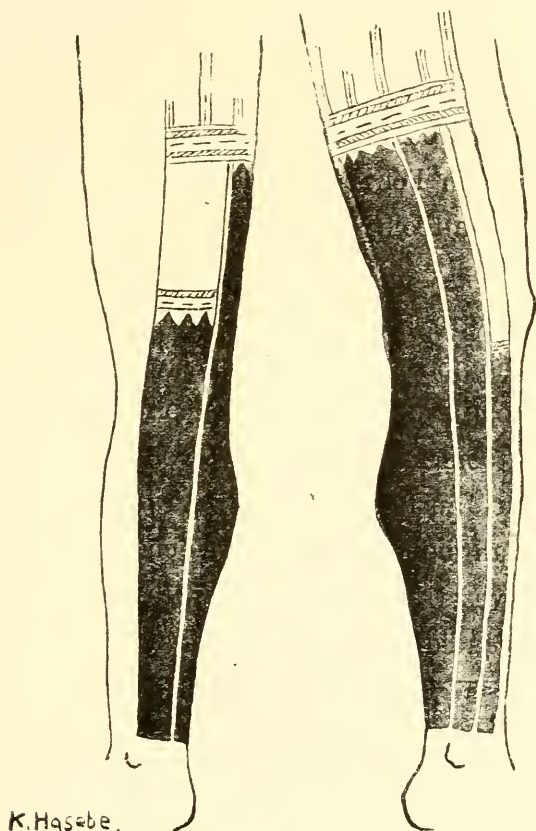
According to O. Finsch,¹ the women of Ponapé sometimes tattoo on the abdomen, showing a broad, black girdle, with the

genital organ and its surroundings as the center.

I was informed that there is in Truk a custom of tattooing on the vulva, as in the Palau Islands.

In Truk and Ponapé, I did not see the complex patterns centring round the genital organs of men, such as can be observed among the natives of Samoa.² I refer the readers to Part II, the West Caroline Islands, which contains detailed accounts on this point.

In Jaluit, the men tattoo extensively. The women also tattoo the shoulders and the breast,



K. Hasabe.

Fig. 4.—Tattoo patterns on the right lower limb of a man in Metalanim, Ponapé.

¹ O. Finsch, "Ueber die Bewohner von Ponapé," *Zeitschr. f. Ethn.*, XII, 1880, pp. 311, 312.

² v. Luschan, "Beitrag zur Kenntniss der Tättowirung in Samoa," *Verhand. Berlin. Gesell. Anthr. Ethn.*, 1896, p. 551 and figs.

besides the upper limbs and the outer surface of the hand. But in Jaluit I saw no women tattooed on the face, though such women are met with in New Guinea, the Admiralty Islands, and New Hebrides; nor did I see in the island tattooing of the entire body, as is sometimes the case with girls or women in Ontong Java and New Guinea.¹ In the East Caroline and Marshall groups, it is usual that the men tattoo more extensively than the women, as in a part of Polynesia. In New Guinea, on the contrary, the women are more tattooed than the men. In some tribes of the island, tattooing is almost limited to the women.

In Truk, the natives use fish bones as needles for tattooing, and lampblack as pigment. But in Ponapé needles obtained from human bone are employed for tattooing the elaborate designs on arms, thighs, and legs.² In Yap, the needles are made of the bone of water fowls, as is described later on. In the Sandwich Islands,³ they use an instrument about a quarter of an inch wide with a number of small fish bones, as in Truk. According to G. Turner,⁴ the instrument for tattooing in Samoa is an oblong piece of human bone (*os ilium*), about an inch and a half broad and two inches long, cut like a small-toothed comb at one end. Times of war and slaughter were harvests for providing tattooers with material. The colour used is candle-nut ashes mixed with water.

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," pp. 73-75, 264, 265; Pls. X, XI, XXXVIII. O. Finsch, "Samoafahrten," pp. 277, 278. W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," *Jour. Anthr. Inst.*, VII, 1878, pp. 480, 481. R. E. Guise, "On the Tribes inhabiting the mouth of the Wanigela River, New Guinea," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVIII, 1899, p. 207. R. W. Williamson, "Some unrecorded customs of the Mekeo People of British New Guinea," *Jour. Anthr. Inst.*, XLIII, 1913, p. 269. H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, p. 401. R. Parkinson, "Zur Ethnographie der Ontong Java und Tasman-Inseln," *Intern. Arch. f. Ethnogr.*, X, 1897, Taf. VIII. G. Turner, "Samoa," p. 329.

² F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 130.

³ W. Ellis, "Hawaii," p. 170.

⁴ G. Turner, "Samoa," p. 89.

II. ADORNMENT WITH OBJECTS ATTACHED TO THE BODY.

The custom of adorning the body by partial mutilation and attaching objects to the mutilated parts is universal among uncivilized races. There are not a few forms of this kind of adornment, which is perhaps the most cruel of all personal embellishments. The practice also occurs among the natives of the East Caroline Islands, though they have only two kinds, namely, ear and nose-ornament.

1. **Ear Ornaments.**—These are worn on various parts of the auricle, but most frequently on the lobe. Of the natives on different islands, the Truk islanders have the most complex ear-ornaments. The procedure is as follows:

Natives of either sex have a hole made in the lobe while quite young. They enlarge the hole by the insertion of leaves of the mangrove or *callophyllum* tree and increase the number inserted as the tension of the leaves widens the hole, until it gets sufficiently large. This method of making holes closely resembles the one prevailing among the Bagobo tribe of Davao District, Mindanao.¹ In Truk, there is, of course, no uniformity in the size of holes. One of the men whom I examined had on the right and left ears holes measuring 130 mm. and 121 mm. in long diameter, and this when no ornament was worn in the ears. This is shown in Pl. I, fig. 1. Sometimes the hole in the lobe extends as far as the front of the helix. It is usual that various ornaments are worn in the hole. However, when the natives work, they find their ornaments hanging from the hole very troublesome to them, so they remove the articles, even hanging the distended lobe on

¹ Fay-Cooper Cole, "The Wild Tribes of Davao District, Mindanao," Field Museum of Natural History, Publication 170, Chicago, 1913, p. 59.

the upper margin of the auricle either from the front or from behind so as to prevent it from swinging back and forth (Pl. I, figs. 2 and 3). Sometimes the auricle has small holes made near the helix, in the middle part or a little above (Pls. II and III).

The objects worn as ornaments in the hole are most of them rings made of coconut or shells. The former resemble in shape the rings obtained by cutting a bamboo tube crosswise. First, the natives choose a long coconut, which is cut crosswise into rings. The transverse sections of these rings are made smooth with a knife and are polished respectively. After this, several dozens of them are strung on a stick. Then the outer surface is polished, while the inside is cut off with a sharp tool made of coral.

Thus it costs the islanders a great deal of labour preparing the rings for use, so that they are much prized. The rings, when completed, are from 4 to 9 mm. wide and half as thick, while the diameter is from 21 to 36 mm. They have each a parting, so that they may easily be fixed on the ear. Sometimes simple designs are carved on the outer surface. These rings, when worn on the lobe, appear just like so many rings strung on a thread. The natives must have a large hole in the lobe if they want to wear many of them and take pride in their beauty.

The rings made from shells are obtained by cutting cone-shells crosswise. These shell rings are rather flat. There is no uniformity in their size, but the outer diameter is usually from 40 to 70 mm. In using these shell rings, the islanders append them directly on the coconut rings or by the intermediary of other ornaments, such as threads of glass or shell beads. The holes in the upper region of the auricle are ornamented with coconut rings, to which shell rings are usually attached (Pl. II).

The natives wear more than one kind of these ornaments at

a time, but when the shell rings are large, two or three of them are worn either in the hole of the lobe or in the small holes in the upper portion of the auricle (Pl. III). In any case, when the hole in the lobe is large and many rings of various kinds worn in it, these ornaments will hang down as far as the breast. One of the natives I observed wore as many as seventy-seven rings on one ear weighing 230 grammes. Pl. II shows this. The number worn on one ear does not necessarily agree with that on the other. Sometimes even no rings are worn on the other ear. Some of the Kayan tribe in Borneo are said to wear copper rings, often as heavy as 2 lb. (907 gm.).¹ According to A. C. Hollis,² a boy of the Masai tribe in East Africa wore a stone ear-ring with a diameter of 113 mm. weighing 2 lb. 14 oz. (1304 gm.). There is, however, no ethnological relationship between this and the above case.

The custom of wearing ornaments on the ears does not differ with sex. But the tendency is that the men wear more ornaments than the women, and this may be said not only of ear-rings but of necklaces, and head-ornaments.

The practice of wearing ear-ornaments is not confined to the island of Truk. That it also prevailed in other islands of the Caroline group and in the Marshall Islands may be seen from the number of natives who still have holes in their lobes. But nowhere is the custom more prevalent than in Truk. Formerly, ear-rings made of tortoise-shell, we are told, were in use in Ponapé; but now few people wear ornaments and these few use small metal rings made in European style. We may especially observe

¹ C. Hose and W. McDougall, "The Pagan Tribes of Borneo," London, 1912, Vol. I, pp. 47, 48.

² A. C. Hollis, "Masai Ear-ring of Stone," *Man*, V, 1905, 12.

women in Jaluit wearing such metal rings. We learn, however, from F. J. Moss¹ that large ear-rings, very different from those in use in Truk, were, and still are (?) worn in the Marshall Islands. They are not flat rings, but large rings obtained perhaps by cutting shells crosswise. They are inserted into the holes in both lobes, so that the openings become widely distended. The ornaments worn by a king of the island of Majuro were of this kind.

2. **Nose Ornaments.**—In Kusaie, I saw an old woman, some sixty years of age, who had a small hole in the nasal septum. When I asked what it meant, I was informed that she had formerly had nose-ornaments inserted into the orifice. This is not so extraordinary, since the custom of having ornaments inserted in the opening in the nasal septum occurs also among the Papuans. But as this was the only case I observed in Kusaie, it is difficult to decide from this single instance the existence or non-existence of the practice in the island. Since the custom of piercing a hole in the nasal septum and wearing a flower in it is said to have existed in the West Caroline Islands in former times, the solitary instance observed in Kusaie may not unreasonably be taken as strong evidence of the former existence of a similar custom in the island also.

III. ADORNMENT WITH OBJECTS FIXED TO THE BODY WITHOUT MUTILATING.

The adorning of the body with various ornaments attached but involving no mutilation of the body itself, marks great progress in personal adornment. This custom is almost universal throughout the world. The ornaments are generally fixed around the head or

¹ F. J. Moss, "Through Atolls and Islands in the great South Sea," London, 1899, Plate facing page 127.

parts of the body where there is a depressed surface, above a bony projection or a muscular protuberance, such as the neck, waist, wrists, and ankles. They consist of head-dress, necklaces, belts, armlets and anklets, from which hats and complex clothes may be derived. Description will be given below of the various kinds of this adornment as found among the natives of the East Caroline group. I have, however, included hair-dressing under the ornaments for the head, though dressing the hair in various ways and wearing ornaments on it appears not much different from a partial mutilation of the body.

1. **Hair-dressing and Head Ornaments.**—The hair is now worn short by the men on all the islands, except Truk where some natives wear it long. In this case, they simply let it hang or twist it round the head or roll it on the back of the head (Pl. I, fig. 1; Pl. II; Pl. III, figs. 1 and 2). In binding the hair on the back of the head, they sometimes use a fillet made of coconut fibre (Fig. 5). On the hair thus bound large combs of mangrove wood are most frequently worn (Pl. III).

The combs differ as to shape and size, but they may be classified into two kinds according to style of structure. One is made of several narrow strips of wood put together lengthwise and held fast at the part forming the handle. The other is a long flat piece of wood with several teeth cut lengthwise (Fig. 6 and Pl. XXXIV, figs. 5 and 6). The former, again, may be divided into three varieties. In A, wooden nails are used

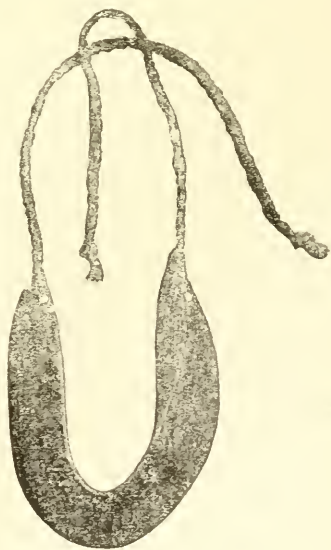


Fig. 5.—Fillet made of coconut fibre, Truk.

for fastening the several strips of wood (Fig. 6, *a*) ; in *B*, the fibre of hibiscus is employed (Fig. 6, *c* and *d*) ; while in *C*, the pieces

are held fast by means of coconut rings (Fig. 6, *b*). These three varieties of combs have teeth spreading outward, so that the whole comb presents a triangular form. But the other kind of comb made by carving has teeth almost parallel to each other. Of the combs we collected, the smallest one was 180 mm. in length and the largest 355 mm. In nearly half the number, $\frac{3}{5}$ of the whole length is almost invariably taken up by the teeth, the rest forming, of course, the handle.

The number of the teeth

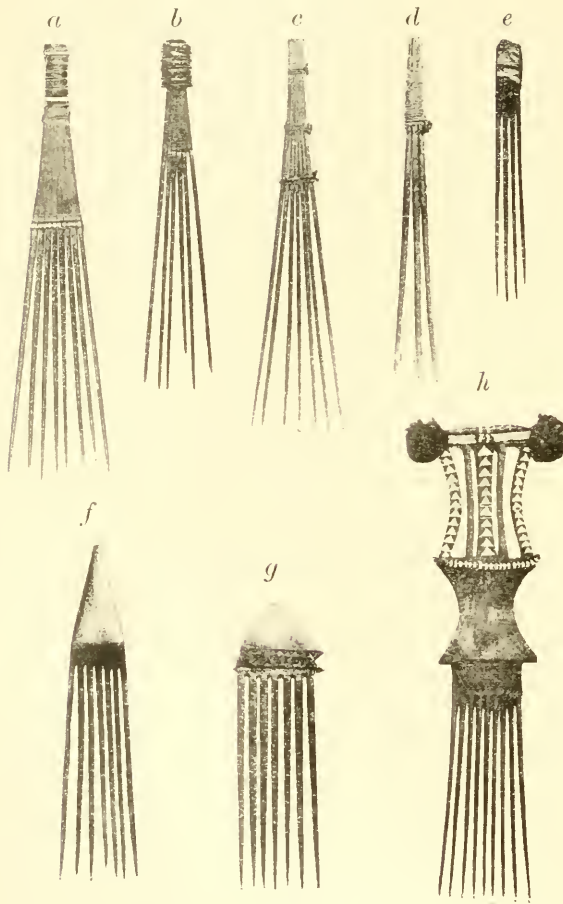


Fig. 6.—Combs from Truk.

varied from three to eighteen ; however, seven or eight was most common. The largest breadth of combs was from 50 to 70 mm. at the part forming the teeth. And this was some $\frac{2}{5}$ of the length of teeth in many cases. Again, the comb held fast with nails had several coconut rings fastened on the handle for the double purpose of ornament and security. The comb made by carving had simple

geometrical patterns cut on the handle (Fig. 6, *g* and *h*). Whatever the structure may be, such ornaments as shells or beads are sometimes fixed to the combs or worsted of various colours is twisted round for decoration. To make them still prettier, long tail feathers of birds are attached to the handle. It is usual, however, that such combs are provided with a more or less large or long handle. These are used in dances or in feasts (Pl. XXXIV, figs. 5 and 6).

The use of the comb in the South Sea Islands is quite extensive. It is met with in New Guinea, Melanesia, part of Polynesia, the Philippines, etc. In New Guinea, there are two varieties of combs as in the Caroline Islands. One consists of a single piece, while the other is made up of several pieces tied together.¹ The first is usually made of bamboo, so it is somewhat different from the kind used in Truk. Again, the second is not so well made as the one with ornamental lashings of fibre which we found in Yap, nor is there in New Guinea any kind that is held fast by means of nails. And of the combs used in Yap, the one with its handle bound up with fibre closely resembles the variety found in the Fiji Islands.² But the latter has only about ten teeth; the number of teeth is, therefore, much less than that of the kind met with in Yap. See Part II, The West Caroline Islands.

The native combs above described are not worn by women, the use of these ornaments being limited to men above age. There is no particular part of the head where the comb should be worn, this being apparently left to the fancy of individuals. In other South Sea Islands, the wearers of combs are mostly

¹ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 63, 67.

² F. Winter, "Die Kämme aller Zeiten von der Steinzeit bis zur Gegenwart," Leipzig, 1906, Taf. 67, Fig. 236.

men, though there are occasional exceptions. In Samoa, for instance, long combs made by binding twenty or thirty pieces of the stems of coconut leaflets with a string are worn by women in the hair behind the ear for ornamental purposes.¹ De Clereq and Schmeltz² say that in the territory of Waropen, Dutch New Guinea, sometimes the exchange of combs occurs between lovers. It appears, therefore, that girls also wear combs.

Though the comb is not now used in the islands of the East

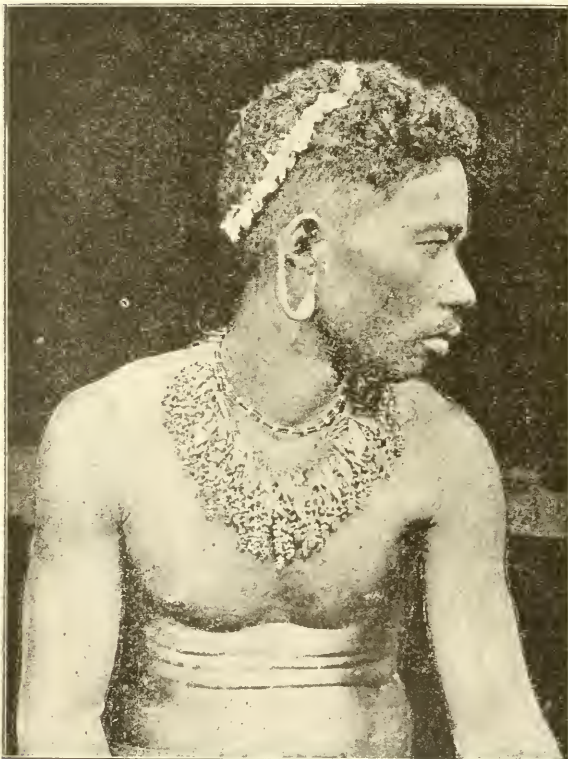


Fig. 7.—Native of Saipan. (Photo. U. Mori.)

Caroline group except in Truk, we learn from Christian³ that in Ponapé it was formerly the custom to wear combs made in Yap styles of white mangrove wood. The wearing of combs is still very common in the West Caroline Islands. Combs tied together by strings are common in Yap, while in Palau those fastened with nails are most frequently used. These are, however, different from the variety met

¹ G. Turner, "Samoa," pp. 123, 171.

² F. S. A. de Clereq en J. D. E. Schmeltz, "Ethnographische beschrijving van de Wes'en Noordhust van Nederlandsch Nieuw-Guinea," Leiden, 1893, quoted by Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," p. 68.

³ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 129.

with in Truk, both in shape and in other respects. For particulars see Part II, The West Caroline Islands.

In all the Islands, most women wear the hair parted in the middle, letting it fall on the back or having it bound up at the back of the head (Pl. IV; Pl. XII, fig. 1; Pl. XIII, fig. 2; Pl. XVII, fig. 1). Some of the women in Kusaie have their hair dressed in a more or less complex fashion, which they have perhaps learned from Europeans (Pl. XV). On the head they sometimes have a simple wreath of flowers (*Guetarda speciosa*; *Caesalpinia pulcherrima*) or leaves (*Polypodium* sp.; *Pteris* sp.) (Pl. XXXIV, figs. 1 and 7; Pl. IV, fig. 2). Some of the men also wear such wreaths, but mostly only when they dance (Figs. 7 and 11).

The wreath serves not only as a head-dress, but is also used as a necklace (Fig. 7). The wreath is an ornament much favoured by the natives of Hawaii also. They wear it on the head or round the neck. Children under eight or nine years of age are said to go without clothing, when they



Fig. 8.—Natives of Kusaie. (Photo. U. Mori.)

wear a wreath.¹ These facts show that they make much of these ornaments.

In Ponapé, both men and women use a head-dress made of cloth, which is not infrequently ornamented with disks of shells or beads. Several specimens collected by the late Dr. Ukichi Taguchi on the island in 1890 are now preserved in the Anthropological Institute of the Tokyo Imperial University.

The hair of the islanders, particularly of young women, is always very lustrous, due to the use of coconut-oil.

The men in Kusaie often wear hats, which are like Panana hats in shape and are braided of leaves of the pandanus or the coconut tree. The women make these hats, some of which are very finely braided (Fig. 8). In Truk and Ponapé, women wear hats with pointed tops in fishing on reefs.

2. **Necklaces.**—There are now only a few natives in Truk who wear necklaces of native pattern. Most of them use imported necklaces made of glass or China beads. The latter are frequently met with among the natives of Ponapé, Kusaie, and Jaluit. The necklace of native pattern is made of dozens of shell disks, which are strung on threads made of coconut fibres. The colour of these disks is yellow tinged with red, and they are from 10 to 15 mm. in diameter. As is shown in Pl. XXXIV, figs. 2 and 3, there are two different ways of stringing the disks on the thread. As the same plate shows, the pendant obtained from tortoise-shell or more or less large sea-shells is attached to the middle part of the thread to enhance the beauty of the necklace. The method of stringing the shells as illustrated in Pl. XXXIV, fig. 3 may also be observed in the Kingmill Islands.

¹ W. A. Bryan, "Natural History of Hawaii. Being an Account of the Hawaiian People, the Geology . . .," Honolulu, Hawaii, 1915, p. 38.

In these islands, too, ornaments made of tortoise-shell are also attached to the necklace as pendants.¹ The shell disks shown in Fig. 9 were dug out by our garrison on Ponapé from a tomb at Sapatik in Nanmatal, Ponapé. They were in all probability a part of the necklace with a pendant arranged as in Pl. XXXIV, fig. 2 or Pl. XXXIV, fig. 3. Pl. XXXIV, fig. 4 presents the shell beads strung close together on a string. In such cases, the beads are usually small.

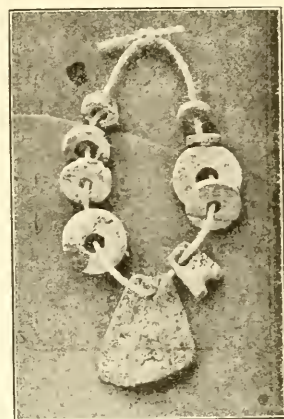


Fig 9—String of shell disks with a pendant found in a tomb at Sapatik, Nanmatal, Ponapé.

Necklaces of the teeth of mammals, probably dogs or pigs, are also worn, though these are rather rare (Pl. II). Of this kind of necklace in use among the Motu tribe of British New Guinea, W. F. Turner² makes the following interesting remark: "A necklace much worn by young women is one made of pigs' or dogs' teeth strung together.

This necklace is much valued, and a young woman will on no account part with it, as it is given by her lover, and is a pledge of his love, as the engagement ring is with us." I had, however, no opportunity to see whether a similar custom occurs in Truk. But as the island is a small one, there are but few mammals on it, and it would be very difficult to obtain teeth of these mammals. Consequently we saw very few natives wearing these necklaces.

The simplest kinds of ornaments worn round the neck are wreaths formed of leaves or flowers. I saw some natives wearing necklaces made of bract scales of pine-apples strung on threads. Specimens of such necklaces obtained in Kusaie are now kept in

¹ R. Partington, "An Album of the Weapons, Tools, . . . of the Natives of the Pacific Islands," Manchester, 1890, Pl. 170.

² W. F. Turner, "The Ethnology of the Motu," Jour. Anthr. Inst., VII, 1878, p. 478.

the Anthropological Institute of the Tokyo Imperial University.

Of these necklaces, the varieties made of shells or tortoise-shell are most favoured by the natives. As they are much prized, foreigners import ornaments made in imitation of them, and the natives sometimes wear them, but they can, of course, distinguish between genuine and imitation ornaments.

3. **Breast Ornaments.**—The necklace is not necessarily fixed close to the neck. To make the one described above look more beautiful, it is often let down to the breast. In this case, the necklaces hanging down form breast ornaments. Some natives decorate their breasts with ornaments having a disk-shaped pendant of some 110 mm. in diameter made of tortoise-shell, hanging from the neck (Fig. 10). There are very few islanders who wear them, since they are very difficult to obtain.

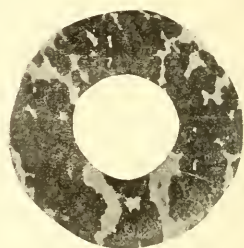


Fig. 10.—Breast-pendant made of tortoise-shell, Truk.

4. **Clothing.**—The manners and customs in the islands have been Europeanized to such an extent that there are scarcely any who do not now wear shirts or trousers. The tendency of Europeanization in clothes is more marked in women than in men. The women, without difference of age, like to wear clothes which are made of white, red, blue or striped cloth and similar in shape to the clothes worn by women in the West. However, we may still observe in the islands natives going with nothing on excepting a loin-cloth. In the island of Saipan, there are not a few women who go half naked (Pl. XXXII). The clothes worn by the islanders of Truk perhaps follow in the order of simplicity. The men and women alike take a rectangular piece of cloth, and making a narrow cut in the middle of the piece, put their heads through the opening and let the cloth fall before and behind the body

(Pl. II; Pl. IV, fig. 2). The cloth is not of any definite length, but it usually reaches to the abdomen. Sometimes the piece is long enough to hang down the legs. It seems that this long piece is used by those who wish to be thought stylish. Besides this, the men wear a loin-cloth, as they do in Japan, while the women cover the waist with cloth of their own weaving or cotton fabric (Pl. IV, fig. 2; Pl. VI, fig. 2). Excepting these kinds of clothing they wear nothing, which may be regarded as covering for the body.

In the island of Truk, the fabric woven of fibres of the banana or hibiscus tree furnishes material for clothing. In using this fabric for the clothes described above two narrow pieces are sewed together. But the use of such material has greatly decreased in recent years. Now most of the islanders wear imported cotton cloth, the colour of which is red, blue, or dark green. There are not a few who wear ready-made clothes bought from Japanese traders.

The women wear a band on their waist-cloth as a sort of decoration. In making this band, hundreds or even thousands of small shell disks or pieces of bark with holes bored through are strung on a string. Several of such strings are, then, laid together and made into a band. This, of course, requires a great deal of labour, and it is one of the most high-priced articles of clothing, so that not every islander can afford to wear these bands for decoration (Pl. XXXII; Pl. XXXIV, figs. 8 and 9). The men also use broad bands strung with coconut rings. Since these bands are worn on the naked body, they are used simply for ornamental purposes, though the bands for women serve the double purpose of ornament and practical use.

We learn from F. J. Moss¹ that customs similar to those

¹ F. J. Moss, "Through Atolls and Islands in the great South Sea," Plate facing page 186.

described above, from the loin-cloth and bands down to ornaments for the ear and neck, are also found in the island of Mokil. But I failed to observe such customs among the settlers at Ponapé whom I studied, for they had already been Europeanized to a large extent. As these same customs are observable in islands hundreds of miles apart, we know from this, that common customs exist in the East Caroline group.

In the island of Ponapé the men wear a covering round the waist on festive occasions or after work. It is made of the split filaments of young coco-tree leaflets, measuring some 53 cm. in length (Fig. 11). This covering looks quite neat, much superior to the coarse one worn by the islanders of the West Caroline group, particularly by the women of Yap. In all the islands these coverings are made by women.



Fig. 11.—Ponapian dancers with dancing-paddles. (Photo. U. Mori.)

The custom of wearing a covering made of the leaves of plants round the waist by men is also found in the Marshall Islands. In Nauru or Pleasant Island, which belongs to the group and is situated south of the Equator, both men and women wear a covering made of the leaves of pandanus. The pattern does not differ with the sex. But the covering used in this island reaches only half down the thighs, and is much shorter than the one worn by the islanders of Majuro.¹

The Marshall Islanders, as is described later on, have the custom of covering the waist with a fine mat plaited from the leaves of pandanus. The men pass a piece of this mat between the thighs and fasten it with a sort of leather belt; while the women take two pieces with which they cover the lower parts of the body before and behind, employing them as a sort of loin-cloth.² Formerly, the women did not cover the upper part of the body but now some of them wear coats imitating the European fashion.

I failed to observe this custom in the islands which I visited. But considering that, in manners and customs, the hidden things, such as the loin-cloth or similar coverings in the case of clothing, and kitchen utensils or the privy in dwellings, do not usually change so rapidly as their external features, it is improbable that the women have cast aside their old custom even to the waist-cloth, even if they have come to wrap themselves in European clothes. Many of the women of Truk, for instance, who take pride in dressing in European style, wear fabric of their own weaving described above, as loin-cloth; so even when these native

¹ P. A. Erland, "Die Marshall-Inselaner. Leben und Sitte und Religion eines Südseevolkes," Münster i.W., 1914, Taf. 1, 13, 14. F. J. Moss, "Through Atolls and Islands in the great South Sea," p. 136; Pls. facing pages 123 and 136.

² P. A. Erland, *ibid.*, pp. 23-25; Taf. 5, 6.

women, who have been accustomed to simple clothing, put on European clothes, this is but a fine covering for tatters, so to speak.

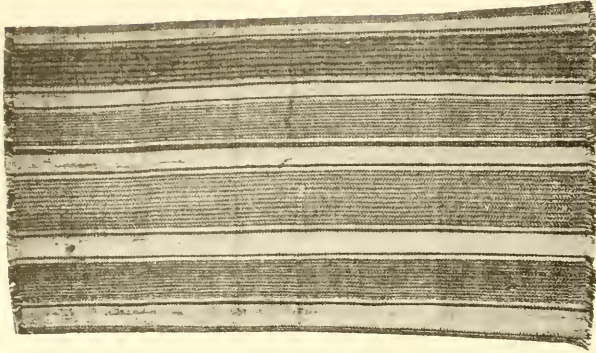


Fig. 12.—Cloth woven from hibiscus fibre, Truk.

The art of weaving is widely known in both the East and West Caroline groups. I have already mentioned the fabrics woven by the women of Truk. In the islands of Ponapé and Kusaie also, fine fabrics are woven by women. In Truk cloth is made from fibres of the banana or the hibiscus tree. The fabric used as loin-cloth for women is some 60 cm. in breadth, while it is usually some 110 cm. long, the measure required for covering the hips and thighs of women. The cloth has vertical strips woven of the same material which is usually dyed black with the juice of grass (Fig. 12). But

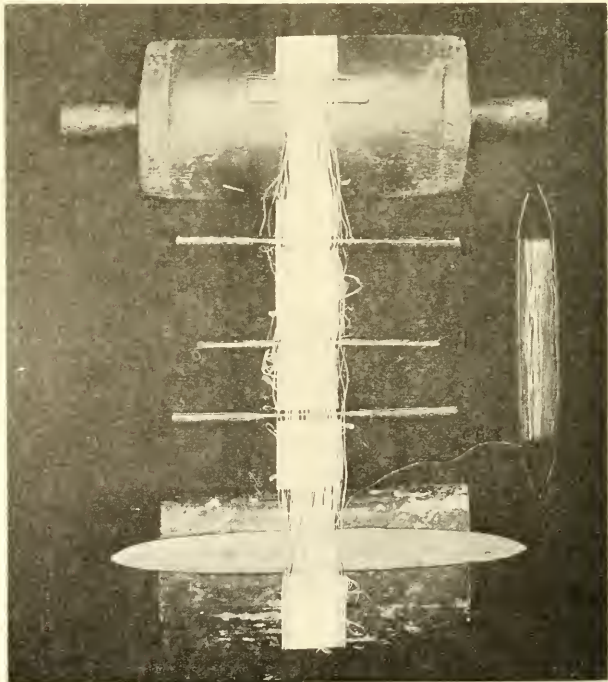


Fig. 13.—Loom, Kusaie.

the fabric used for coats is often plain, and much longer. The islanders sometimes make mosquito nets with several pieces of material woven from fibres of the hibiscus tree.

In Ponapé also, a certain kind of fabric is produced to supply the waist-cloth for women. But in this island the material is obtained from the bark of the ficoid tree which resembles the banyan. This fabric is also used to make the narrow girdle for men. Besides the material from the ficoid tree, the fibre of banana is often employed.¹

The bands woven by the women of Kusaie are of banana fibres. The primitive loom and process of weaving are given in Fig. 13. These bands are about 50 mm. wide and 85 cm. long, having figures woven with threads of various colours, such as red-

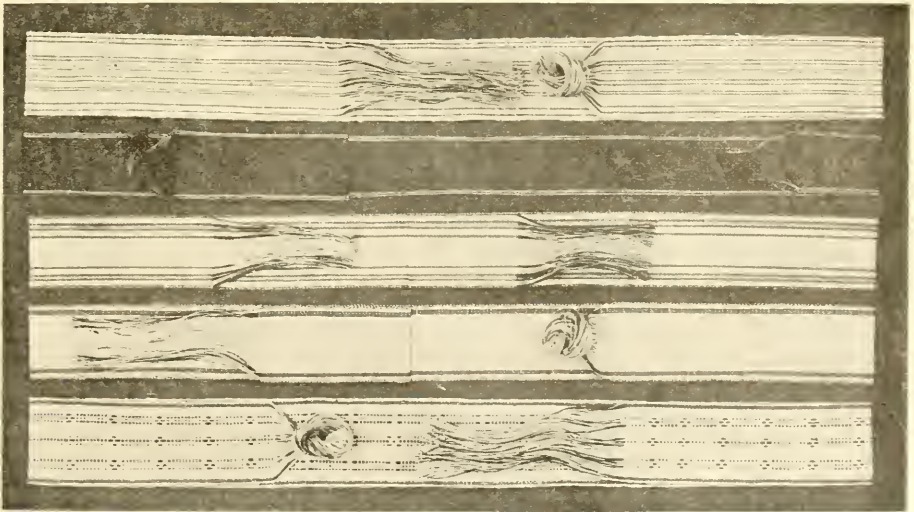


Fig. 14.—Fusanian belts.

brown, yellow, black, rich blue, brown and red (Fig. 14). Of these colours, the rich blue tint is made from the sap of young banana-suckers, the yellow from the root of turmeric, and the black from

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," pp. 122-124.

burnt candle-nuts, while the red-brown is obtained from the scraped and pounded bark of the mangrove roots.¹ In Hawaii dye-stuffs obtained from leaves, bark and roots of indigenous plants are used for colouring tapas.² Most of the bands were originally worn as ornamental belts, the narrower ones being employed as ribbons for hats, but there are at present scarcely any who use them for these purposes. In recent years, quantities of these bands came to be exported to America and Hawaii, perhaps on account of their quaint originality.

Excepting Micronesia and the Malay Archipelago, there are few islands in the whole South Sea regions where the natives know the art of weaving. In Polynesia they use tapas instead of woven fabrics, while in Melanesia weaving is unknown in the islands with the exception of one or two, such as Santa Cruz (formerly the Banks Islands also) and a part of New Guinea. But then in that part of New Guinea the art is only elemental. The method of weaving recently witnessed by Van der Sande³ in Dutch New Guinea was a very primitive one. "Although until now no weaving industry has been described of New Guinea," he says "still some articles are found, . . . Nothing is known of any weaving instruments for the manufacture of the cloth; on the other hand it can hardly be imagined that the whole of it can be made by hand. It is rather remarkable that the first real tissues of island make, used for clothing, are met within Papuan Talandjang, the land of the naked Papuans. The only weaving frame, the first mentioned from New Guinea, was met with by the expedition at Tarfia. It is used in the manufacture of brow bands, girdles, armlets, etc., which form the monopoly of this village. In its highly primitive form, it represents the loom in its most primitive

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 158.

² W. Ellis, "Hawaii," p. 97.

³ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 236, 237; Pl. XXV.

shape, such as was sketched by Buehan, as having served at the first stage of the art of weaving."

Thus the art of weaving is limited to a very few of the South Sea Islands. Even where the art is known it is in most cases in the primitive stage, scarcely capable of producing fabrics fit for clothing. In Micronesia, however, various kinds of fabrics are manufactured for clothing and ornaments. Some of them are woven with quite fine fibres, which shows a more or less high development in weaving. Apart from the skill in the art, the Micronesians resemble the Malay peoples in their knowledge of weaving. And this resemblance may possibly point to the ethnological relationship between them.

5. **Bracelets.**—Though bracelets are worn by both sexes, the custom is now falling into desuetude. It is very rare that ornaments for the wrists are worn, as they are by the West Caroline Islanders. As regards the material for bracelets, the specimens we collected in Truk are all of tortoise-shell. To make a bracelet of this material, tortoise-shell is bent into the shape of a tube, the ends being made to overlap

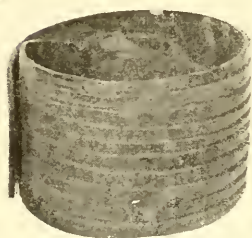


Fig. 15.—Tortoise-shell bracelet, Truk.

each other, so that the size of the ring may easily be adjusted. The breadth is from 35 to 44 mm. (Fig. 15). Similar varieties of bracelets may be met with in Ponapé. The ornaments for both the right and left wrists do not necessarily agree in size and shape. The varieties worn in the West Caroline Islands are just like the one above described. We are told that bracelets are also made of shells and coconut.

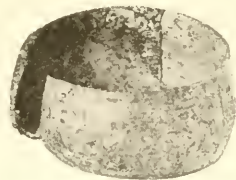


Fig. 16.—Shell ring from a tomb at Paani, Nanmatal, Ponapé.

The shell ring shown in Fig. 16 was discovered by Dr. Hasebe in a tomb at Panui, Nammatat, Ponapé. It is some 44 mm. broad. Like the bracelet of conus found in New Guinea, it was possibly employed for the same purpose, though it is different from the slender one made of shells worn in the West Caroline Islands. Or it may be that it was an ornament on the ear-lobe, like the ear-ornament which F. J. Moss¹ tells us was worn by a king of the island of Majuro, Marshall Archipelago. It is quite possible that the specimen is a remnant indicating the existence of this custom in Ponapé in the past. The shape and size allow both conjectures.

6. **Finger-rings.**—The islanders have often rings on their fingers. Most of the rings are made of tortoise-shell, and some inlaid with metal, which latter, however, are imported articles or their imitations. They are worn by both sexes, as among civilized races.

The natives do not wear any sort of sandals. Both sexes go bare foot, regardless of age or class, or of how they affect European fashions otherwise.

Chapter II.

Food and Other Articles.

In the tropical zones, the inhabitants live on what edible plants they find, which fact renders life comparatively easy as compared with other regions. We are told that in Ceram Island in the Malay Archipelago a single sago-tree yields enough to feed a man, while the traveller Cook writes that only six bread-fruit trees will

¹ F. J. Moss, "Through Atolls and Islands in the great South Sea," Plate facing page 127.

support a whole family. There are, of course, a number of edible plants in the torrid zones. Limiting ourselves to the islands under Japanese occupation, we may count the coconut, bread-fruit, pineapple, papaya, banana, pandanus, taro, yam, sweet potato, and citrus fruits. The principal articles of food are the bread-fruit, coconut, taro and yam, to which must also be added fish and shell-fish caught in the near seas.

On every island the bread-fruit tree (*Artocarpus incisa*) (Pl. V, fig. 1) and coconut palm (*Cocos nucifera*) are of luxuriant growth, affording important articles of food. But there are not a few islands which are ill-suited to the cultivation of the taro (*Alocasia macrorrhiza*) (Pl. V, fig. 2) and yam (*Dioscorea*) plants, so these vegetables cannot become universal as food.

I. Food.

1. **Cooking and Culinary Utensils.**—The preparation of two or three of the most important articles of food and some of the culinary utensils usually employed among the natives will be noted below.

A. **Cooking.**—The bread-fruit is either roasted or baked. In the former case, fire is first kindled in a hole dug in the ground. Then a number of stones are thrown into the hole; and when these stones get red-hot, the bread-fruit wrapped up in leaves is put among them. The fruit roasted in this way has a light flavour, tasting something like sweet potatoes.

Baking necessitates rather complicated processes. In order to build an earth oven in which the bread-fruit is baked, a hole 1.50 m. in diameter and 30 to 50 cm. in depth is dug in the ground; the bottom is paved with stones, on which branches of the mangrove and other trees are placed as fuel. While this fuel is burning, more stones are thrown into the hole. And when the fire is

burnt out, the stones, which are red-hot, are levelled. Green leaves are laid over the bottom to a depth of 20 cm.; on which the bread-fruit, each cut in eight pieces, is heaped up in a conical shape. It is, in turn, covered with leaves, so that the whole comes to present an appearance suggestive of a thatched roof. Finally, a hole is made on the top of the heap, through which some three quarts of water prepared for the purpose are poured. This causes a tremendous sound, the vapor enveloping everything near. Then the hole is closed and the heap is further covered with new leaves or grass so as to prevent the escape of vapor. After some thirty minutes the leaves are removed and the baked fruit is taken out. The natives sometimes have their bread-fruit baked in common in the same earth oven, in which case they insert leaves of the taro and other plants to make the boundary lines, so to speak, of their respective possessions.

In an earth oven measuring about 1.50 m. in diameter, several hundred pieces of the bread-fruit may be baked at one time, while they could not possibly roast so many by placing the fruit directly on red-hot stones; therefore when they are preparing for feasts, for instance, they find the former method more convenient than the latter. The roasted bread-fruit, however, has the better flavour. This is partly due to the difference in preparation and partly to the circumstance that while only the ripe fruit is roasted the unripe is used for baking.

Before taking the baked fruit home, the natives mash it with a pounder on a wooden board, which has a slight hollow in the middle part, and knead it into flat cakes measuring about 25 cm. in diameter. These are carried home wrapped up in banana leaves (Pl. VI, fig. 2). The cakes thus prepared supply food for several days. But when they eat too many such cakes immediately

after they are made, it causes stomach-ache, so it is usual for them to wait two or three days for the cakes to harden. After several days the cakes turn sour, but they eat them all the same. As to the quantity of food, it is said that two pieces of the bread-fruit a day are enough for one person, though allowance must be made for the difference in the size of the fruit (some people say five, which is perhaps too many). This preparation of bread-fruit is undertaken by men in a shed, a sort of communal kitchen, built in a grove at some distance from the dwellings. We are told that they do this twice a week.

For purposes of baking the islanders have no other device than the earth oven, which they must make use of when they want to prepare not only the bread-fruit but also other articles of food. The processes are pretty much the same throughout the East Caroline and Marshall Islands. A similar way of preparing the bread-fruit also prevails widely in Polynesia and Melanesia.¹

In the extent of its use the coconut surpasses any other fruit in the tropics. Every part of the fruit is valued. The variety used as food is called *kaikai*² coconut by the natives, which name is a combination of English and native words. The Japanese residents in the islands also call the variety by this name. The juice of young coconuts makes an admirable drink, and the albumen, together with the bread-fruit, forms an important article

¹ W. Ellis, "Hawaii," p. 204. G. Turner, "Samoa," p. 111. B. T. Somerville, "Ethnological Notes on New Hebrides," Jour. Anthr. Inst., XXII, 1894, p. 381. S. J. Gardiner, "The Natives of Rotuma," Jour. Anthr. Inst., XXVII, 1898, p. 422. A. C. Haddon, "The Ethnography of the Western Tribes of Torres Straits," Jour. Anthr. Inst., XIX, 1899, p. 310. A. C. Hunt, "Ethnographical Notes on the Murray Islands, Torres Straits," Jour. Anthr. Inst., XXVIII, 1899, p. 13. W. Ellis, "Polynesian Researches," 2nd ed., London, 1831, Vol. I, p. 40.

² The word *kaikai* is also used in Torres Straits; and it is said to be an introduced word, being the jargon English for food. See A. C. Haddon, *ibid.*, p. 429. In Hawaii, the natives use *kaukau* (a word of Chinese origin) instead of the native word for eat. See W. Ellis, "Hawaii," p. 392.

of food for the natives. When not yet ripe, the albumen is very soft and pure white in colour. It may be eaten raw, but more frequently it is boiled mixed with rice and other material. To separate the albumen from the shell, the coconut is cut longwise



Fig. 17.—Coconut Scraper, Jaluit.

in four pieces, and the soft substance is scraped, as is shown in Pl. XVII, fig. 2. The scraper, some 85 cm. long and similar in shape throughout the islands, has metal teeth furnished on the head. Girls or women lay this tool on a stock and apply the pieces of coconut to the teeth while holding the instrument fast by the weight of their body. The white substance falls, like sawdust, into a wooden bowl placed beneath as a receptacle. It appears, however, that this method of scraping is a recent invention, since the metal teeth must be imported (Fig. 17). According to Fay-Cooper Cole,¹ a similar device is seen among the Bagabo tribe in Davao District, Mindanao. But here the tool has two legs, so that the stock is perhaps unnecessary. In the Hermit Islands of the Lap Archipelago also, a similar scraper is employed.²

The materials are boiled in an oil can or even in an imported iron pan. But it may be asked what were the utensils employed before the introduction of the vessels above mentioned. In the

¹ Fay-Cooper Cole, "The Wild Tribes of Davao District, Mindanao," p. 78; fig. 25.

² A. Krämer, "Forschungsreise S. M. S. Planet 1906-07, V. Anthropologie und Ethnographie," Berlin, 1909, p. 82.

West Caroline group the natives now have large earthen pots of their own making. It is not certain, however, whether the inhabitants in the East Caroline group know the art of pottery. But since there are many tribes among whom pottery-making is unknown and whose vessels and methods of cooking are as primitive as those now employed among the natives in the Murray Islands in Torres Straits, i.e., clam shells and red-hot stones,¹ it may be supposed that formerly the inhabitants in the East Caroline Islands resorted to such means as mentioned above. The tribes who have no earthen pots naturally depend upon the earth oven already described, as is the case in Polynesia and a part of Melanesia.

The copra, from which oil is obtained and which is exported from the islands, is the albumen of coconuts dried in the sun. The natives also get a colourless, transparent oil from the albumen, which they use for dietary and toilet purposes. In the island of Truk, for instance, the flesh of the nut is cut into small pieces and dried in the sun for a whole day. After this the pieces are wrapped in sheaths of coco-tree leaves and squeezed in the coconut-oil press, which is a simple trifurcated appliance. It is said that in this way they obtain only one pint of oil from ten coconuts. As already described in the paragraphs on personal adornment, the oil is mostly used on the hair or as pigments, though some is eaten with cakes of mashed bread-fruit. Formerly it supplied the material for lighting purposes.

In Jaluit, bread-fruit, pandanus and coconut are often boiled and kneaded into pasty cakes. These cakes last long in spite of the tropical climate. I was told that they have a sweet taste like that of our sweet potato cakes.

¹ A. C. Hunt, "Ethnographical Notes on the Murray Islands, Torres Straits," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVIII, 1899, p. 13.

Among other important articles of vegetable food the taro and yam may be mentioned. In most cases, these vegetables are baked in the same manner as the bread-fruit. The raising of the taro requires some care, the women usually attending to its cultivation.

Fish, birds and other game form the supply of animal food, though the first mentioned naturally occupies the most important position. Fish is often eaten raw, but usually it is roasted. The inhabitants of Ponapé, I was told, have a horror of the large species of eel found in the island, which they never venture to eat. They keep pigs, cows, goats, etc.; which they sell to the ships calling at the islands, rarely killing them for their own consumption, except on special occasions, such as ceremonies or feasts. The natives, however, are fond of the flesh of dogs. Coconut crabs or robber crabs are also relished.

B. **Culinary Utensils.**—Even within the East Caroline Islands some variation in cooking and similar utensils are observed in the different islands, as may be expected. A brief description will be given of some of these utensils.



Fig. 18.—Pounders from Truk (*a*) and Kusaie (*b*).

a. *Pounders.* The pounders, which are shown in Fig. 18, are of such a size and weight as may conveniently be handled in one hand. The points on the top are probably meant for ornament, some of the pounders lacking them entirely. The pounders are usually made of coral, but some made of stone are met with in Kusaie

(Fig. 18, *b*). In point of shape, however, there is not much variation.

Utensils similar to the pounders mentioned above are also found in Polynesia, where they are called poi pounders and are employed for mashing baked taro. There is no uniformity in their size, but it may be said that they are generally of a better make than those found in the Caroline Islands. The mashing utensils which are observed in the Hawaiian and Marquesas Islands resemble most closely the kinds in use in the Caroline Islands.¹ In the Hawaiian Islands, the pestles are made from coral or basalt, as in the Caroline Islands; and as for mashing boards, the islanders have what are called poi-boards, which are made of hard wood and which have a slight hollow in the middle.²

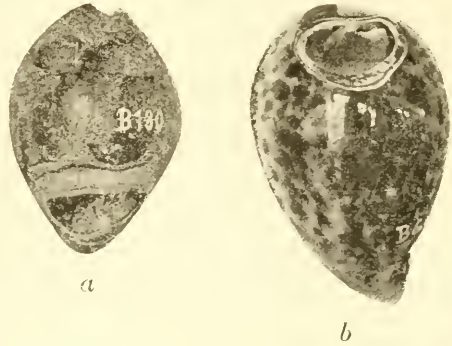


Fig. 19.—Shell scrapers from Ponapé (*a*) and Truk (*b*).

b. Shell Scrapers. Tools obtained from cowry shells are employed in paring the fresh bread-fruit. To make these scrapers, holes are first bored in the dorsal portion of the shell, and then the bored regions are rubbed thin and sharp. These scrapers are found on all the islands. It may be added that in taking the animal out of the shell, sometimes the dorsal portion, sometimes the ventral is injured (Fig. 19).

c. Wooden Knives. The islanders of Truk now employ iron tools of a large size in cutting the taro, bread-fruit, etc., while in Kusaie they make use of wooden knives or swords some 45 cm.

¹ British Museum, "Handbook to the Ethnographical Collections," 1910, p. 117; fig. 129.

² W. A. Bryan, "Natural History of Hawaii," p. 66.



Fig. 20.—Wooden sword, Kusaie.

long. The latter were originally used as a sort of weapon, according to the natives (Fig. 20).

d. *Shell Knives*. Among other culinary utensils edged tools obtained from pearl-shells may be mentioned. These are also very common in the West Caroline Islands.

e. *Wooden Bowls*. When the natives prepare the bread-fruit which has been already baked, they have by their side wooden

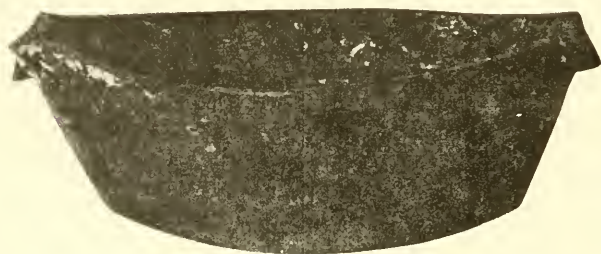


Fig. 21.—Wooden bowl, Truk.

bowls as receptacles (Fig. 21). In this custom, however, there is no absolute agreement. Neither are these vessels or other utensils employed ex-

clusively for the preparation of bread-fruit. They are not infrequently used in dressing the taro. The islanders of Truk have



Fig. 22.—Wooden bowl, Truk.

large bowls, obtained by carving the wood of the bread-fruit tree. One of them which we brought back from the island (Fig. 22)

was found to measure 77 cm. long, 51 cm. wide and 31 cm. deep, but others are even of a larger size. At feasts, balls of mashed bread-fruit are served in these vessels, and each family owns one or more of them, which are regarded as treasures.

2. **Method of Fire-making.**—It is a common observation that there is no tribe of men to whom fire is unknown. There are, however, different ways of making fire, and the difficulty attending primitive ways is so great that the original method of kindling fire naturally begins to disappear with the introduction from civilized people of a more convenient way of attaining the object. The islanders of Micronesia now use imported matches, which they were eager to obtain from us during our cruise, this fact may be taken as indicating the difficulty of fire-making in former times. In Truk, a flame was formerly produced by rubbing together pieces of wood called *umukan* by the natives, this method is similar to that prevailing in some parts of Polynesia.¹

3. **Preservation of Food.**—Uncivilized tribes living on what they find will face starvation much oftener than civilized men on the visitation of calamities. So it is only natural that they should be most anxious about the supply of food. In tropical regions, there are frequent storms or cyclones, which do much damage to edible plants. Some years ago, a terrible cyclone visited Saipan blowing down trees and houses and even causing loss of life. When we visited the island, it had not yet completely recovered from the damage, which showed how furious the storm had been. Apart from such calamities, the people have to provide for a fruitless season. It is, therefore, nothing strange that they store quantities of bread-fruit under the ground in order to provide against hard times.

For burying the bread-fruit, a hole some 1.50 m. in diameter

¹ W. Hough, "The Methods of Fire-making," Smithsonian Report, 1890, p. 400.

and 1.20 m. in depth is first dug in the ground, and then grass, or leaves of the coconut tree and the banana are laid some 1.00 m. thick. On this, pieces of the bread-fruit (one bread-fruit is cut lengthwise into four pieces, which are, in turn, cut crosswise into two each) are heaped up to a height of about 30 cm. above ground. This heap is again covered with banana leaves and coco-tree leaves. In two or three days the materials in the hole sink in bulk, producing a hollow on the surface. Fresh pieces of the bread-fruit are added and then covered again with banana leaves, etc. Finally, the hole is carefully covered with stones (Pl. VI, fig. 3 and Pl. XIII, fig. 1). Bread-fruit stored in this way is said to keep several years. This custom of preserving the bread-fruit under ground is also found in Samoa and other Polynesian regions.¹

The above is a description of the method of food preservation in Truk, but in a part of Ponapé a method somewhat different is met with. Here a quantity of bread-fruit is put in a net and carried into the sea, where it is beaten with a rod, until with the absorption of water the fruit sinks below the surface. Then it is brought back and buried in a hole dug inside the house. In a few days the buried fruit is dug out, kneaded and put back into the hole again. This process is repeated, several times, so this method is not so simple as the one described above.

4. **Transportation of Food.**—Sometimes bread-fruit and coconuts are put into simple baskets and carried on the shoulder by means of a pole. Sometimes the bread-fruit is fastened together with the bark of the hibiscus and tied to both ends of a pole, which pole again rests on the shoulder, as it is the custom in Japan. Fifteen or sixteen is the usual number of the bread-fruit tied to either end of the pole (Pl. VI, fig. 3). The coconut palm

¹ G. Turner, "Samoa," p. 107. W. Ellis, "Polynesian Researches," Vol. I, p. 42.

reaches dozens of feet in height. As it has no branches like the bread-fruit tree it is rather difficult to climb. To supply a foothold cuts are made on the trunk, like steps on a staircase. On all the islands coconut palms are treated in the same way (Pl. XXVIII, fig. 1). It is evident from this that collecting coconuts is the work of men. Also, the transportation and preparation of the bread-fruit are usually done by men. It may be that women carry the taro, bread-fruit, etc., which are already prepared, such as bread-fruit cakes. At least we often saw women going home carrying them on the head (Pl. VI, fig. 2).

II. DRINKS.

Among the articles of food and drink in our newly occupied islands, fresh water is perhaps the most difficult to obtain. Ponapé, however, has small streams of fresh water, so the natives on this island do not suffer much from want of drinking water; but the inhabitants in the Marshall Islands which consist largely of atolls experience much difficulty in getting fresh water. Not only in the Marshall Islands but also in Ponapé rain-water collected from coconut palms or roofs is preserved for drinking purposes. In a part of Jabor, Jaluit, there are lagoons from which, according to A. Agassiz,¹ the natives obtain a large amount of their water supply. He writes: "Immediately back of Jabor are two fresh-water lagoons, or rather brackish lagoons, formed by the throwing up on the lagoon face of low beaches, and thus isolated from the inroads, both of the water of the lagoon and of the sea. They rise and fall with the action of the tides, showing how loose or porous the dam of the narrow land rim is. These sinks supply a large amount of the

¹ A. Agassiz, "The Coral reefs of the Tropical Pacific," *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, XXVIII, 1903, p. 284.

water used by the natives." He further says that there is one of the prettiest sinks on Enübor, an island to the north of Jabor, to which, however, I had no opportunity to make a personal visit.

On all the islands coconut shells are employed as vessels for preserving water. Besides these, gourds are also used in Ponapé and Jaluit. The former have holes bored around the mouth, so that they may be hung by strings of coconut fibre passed through these holes; while the latter are put in a net of thread, so as to be suspended indoors.

Besides fresh water, the juice of coconuts must be mentioned. The milk obtained from young coconuts has a light, sweet taste, and furnishes a refreshing drink in the tropics, especially in small islands where the supply of fresh water is scanty. In the Manihiki Islands (Polynesia) native medicine men are said to give this juice to those suffering from headache.¹

III. TOBACCO AND LIQUORS.

The natives use tobacco and several kinds of liquors. Both sexes smoke tobacco; and it was rather surprising that boys and girls some seven or eight years of age were very glad to receive tobacco from us and smoke it. Even chewing tobacco is now imported from America. Under German rule drinking was strictly prohibited with the result that the natives are now temperate, though they are naturally fond of liquor. They know the art of making a beverage from the inflorescence of coconuts; but it seems that this custom is rather limited, since the destruction of inflorescences affects the yield of the fruit. They have another native drink called kava or ava.

Kava. Kava drinking is found in different parts of Polynesia

¹ G. Turner, "Samoa," p. 276.

and Melanesia, i.e., New Guinea (Dutch portion excepted), Banks Islands, New Hebrides and Fiji Islands. In Samoa old people believe that a little kava strengthens them and prolongs life.¹ Kava is a Polynesian word. The drink is obtained from the root of a plant called *Piper methysticum*, which grows wild in Ponapé and Kusaie, particularly in the former. In Ponapé it is called *chakau* or *choko*, but *seka* in Kusaie. It is doubtful whether *seka* is cognate with the Japanese *saké* or liquor, though F. W. Christian institutes a comparison between the two words. There are different ways of making the beverage, even in Polynesia. The islanders of Ponapé crush the roots between pieces of stone. In Kusaie, too, the roots are pounded on stone. In connection with kava making there are often ceremonies held, of which Christian gives a minute description.²

In the East Caroline and Marshall Islands I did not see betel-nut chewing which, however, I observed in the West Caroline group. I was told that betel-nut trees are plentiful in Ponapé and Kusaie, while kava making, it is said, is unknown in the West Caroline Islands. This seems to imply that betel-nut chewing and kava drinking are not found together. In the vicinity of the islands under Japanese occupation, the custom of chewing betel-nut is met with in the Malay Archipelago, a part of Melanesia, i.e., Admiralty Islands, New Guinea, and Solomon Islands; while kava making is common in Polynesia and some parts of Melanesia, as above noted. And even in New Guinea where the two customs prevail, the natives, it seems, do not indulge in both betel-nut chewing and kava drinking. "It seems highly probable" observes Christian on this subject "that kava drinking was a logical deve-

¹ G. Turner, "Samoa," p. 114.

² F. W. Christian, "The Caroline Islands," pp. 188, 190.

lopment of betel-nut chewing; the betel-nut kernel itself, even when mixed with the *chunum* or lime, being a somewhat inert substance."¹ If one is a natural development of the other, it is reasonable to suppose that the two do not exist together.

Chapter III.

Dwellings and Household Utensils.

There is no uniformity in skill in the construction of dwellings in the East Caroline and Marshall Islands. The houses of the Truk islanders, like their clothing, are the most primitive. In this chapter, separate treatment will be given to each island.

I. TRUK.

1. **Dwellings.**—The houses are rectangular in the ground-plan, the size being usually 4 by 7 m. The four poles, one at each corner, are mostly trunks of bread-fruit trees driven into the ground. Trunks forming the shape of the letter Y are chosen for this purpose, so as to afford support for cross-beams. The timbers employed, from the ridge-timber to cross-beams, are usually minor trunks of bread-fruit trees. Ropes of coconut fibre are used instead of nails. The roof, of which the ridge-timber and the eaves are parallel and of the same length, is thatched with leaves of the ivory-nut tree (*Coelococcus carolinensis*), the eaves hanging down to about 90 cm. above ground. The sides are also covered with leaves of the same tree. The entrance is provided

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 189.

at the corner in most cases, regardless of the direction it faces. It is often 60 cm. in width and 90 cm. in height; but as it is sometimes smaller, the dwellers are unable to go in and out except by creeping. There are no windows and moreover, the roof is so low that without stooping they cannot go about the house except in the middle part of it. The inside is dark and gloomy. Some houses are in no particular need of an entrance, because they can be entered from all sides. In any case, the houses have no raised floor. The ground is simply covered with pandanus or coco-tree leaves and then mats are laid, on which the family sleep. It is terribly dirty inside the house, since they do not mind keeping dogs and pigs in the same dwelling (Pl. VII).

The house consists of only one room, in which sundry things are done, from simple cooking to sleeping. In most cases, however, a special section in the room is set apart for couples. To provide such a section at one end of the room,

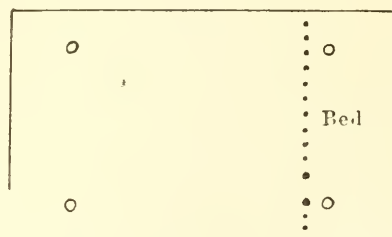


Fig. 23.—Ground-plan of a dwelling in Truk.

a number of stems of the hibiscus stripped of the bark are driven into the ground leaving an interval of 5 to 10 cm. between them. The space thus enclosed is from about 6 to 8 square metres. An opening is also left to serve as an entrance (Fig. 23).

Though this barrier of hibiscus stems is so simple, it is perhaps necessary for the sake of decency, for the Truk islanders are said to be particularly loose in morals. It serves at least, to ward off intruders. The one room house provided with such a barrier may be regarded as the beginning of houses with more than one room. There are often three such divisions in a house, which means at

least three couples living together. It is usual in Truk, as evidenced by this fact, that two or three families live together in a house, the inmates often numbering more than ten.

Mosquito-nets. Only couples use mosquito-nets, though it is said that these are not intended primarily for keeping off gnats. Some of the islanders now employ imported nets with comparatively large meshes like those found in Japan, but nets of hibiscus cloth, of which they make their clothing, are used in most cases. These nets present the appearance of large sacks hung upside-down. It is stated that this comes from the requirements of decency, since the natives sleep with no clothing on. According to Christian,¹ however, a cloth woven from the bark of ficoid trees allied to the banyan was formerly in use in Ponapé, so the original object of such nets was possibly to keep off gnats. In Samoa, too, the inhabitants use tapa, of which their clothes are made, as a protection against mosquitoes, besides employing it as a curtain. The size of the latter is 5 ft. high, 8 ft. long, and 5 ft. wide.² The custom of lying naked also exists among the Igorot tribe in Luzon. "All Igorot men, women, and children," says A. E. Jenks, "sleep without breech-cloth, shirt or jacket. If a woman owns a blanket she uses it as a covering when the nights are cold."³

Lights. In Truk we find foreign-made lamps, and petroleum is the oil used. Formerly, we were told, coconut shells and a certain oil obtained from the nuts were employed, coconut fibres supplying the wicks. The same custom is found in Polynesia.⁴ In Palau the islanders use earthen lamps. For particulars the readers are referred to the section for the West Caroline Islands.

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 128.

² G. Turner, "Samoa," p. 155.

³ A. E. Jenks, "The Bontoc Igorot," Department of the Interior Ethnological Survey Publication, Vol. I, Manila, 1905, p. 113.

⁴ J. Deniker, "The Races of Man," p. 169.

Utensils are either hung from rafters or placed on two horizontal poles or boards supported by beams and cross-beams.

2. **Kitchen-sheds.**—The preparation of small quantities of food, the cooking, for instance, of two or three bread-fruit, is, of course, done inside the house; but large quantities are prepared in a separate shed built for communal use. This kitchen-shed resembles the ordinary house, except that the former has no walls and is of much ruder structure than the latter. In Truk such kitchen-sheds are built, in most cases, at some distance from the dwellings, not making part of the house, as ordinary kitchens do.

In Truk, the houses are scattered here and there in a coconut grove or a thick wood of bread-fruit trees, not forming a regular village as in other islands.

3. **Canoe Houses.**—Regarding the primitive architecture in Truk, the building known as the canoe-house is worth describing. This is a house built on a large scale, often on a creek wooded with mangrove trees. As the name indicates, it shelters under its roof two or three large canoes of communal ownership. It serves also as a sort of meeting-place (called *ut* by the natives), for the young men who live together in this building. It covers as many as 80 square metres. It has a high roof with naturally large and strong timbers, presenting a great contrast to an ordinary dwelling. From this it would appear that the islanders of Truk are not necessarily backward in the art of building, but it must be noted that the canoe-house in the above island, which lacks carvings or ornaments on the timbers, compares unfavourably with the club-houses in the West Caroline Islands which possess a peculiar grandeur of their own (Pl. VIII, fig. 2; Pl. XXIII, fig. 1; Pl. XXIX).

As will be described in the next section, there are canoe-houses also in Yap and Palau. In these islands, however, they are in-

tended exclusively as shelter for canoes, there being large separate buildings provided as meeting-places for young men. Therefore, canoe-houses in the case of Yap and Palau are different from those in Truk, where they are intended for a double purpose as above noted. In former days, however, families took shelter in these buildings when danger threatened. We were told that there are also houses on hill tops, which are used as meeting-places. Not only Truk but Ponapé possesses such communal buildings where the natives hold frequent meetings. It is not likely, however, that in Ponapé they are houses for young men, though this is the case in the West Caroline group.

II. PONAPÉ.

The dwellings of the natives in Jokaj, Ponapé, who are settlers from Mokil and Pingelap, are extremely primitive in structure, though these are furnished with floors, which is not the case with the houses in Truk. The floors, raised from 75 to 90 cm. above ground, are made up of dozens of trunks of trees. On these floors mats are laid. The roofs are thatched with leaves of coco-nut trees or ivory-nut trees. It is dusky inside, since the eaves hang very low. The houses consist of only one room, 5 by 3 m. in size. The dwellings of settlers from Pingelap are built more or less in a cluster and along a road; they form a regular village, as travellers can see even from the other side of the lagoon (Pl. XIV).

The settlers from the two islands mentioned above employ brooms made of leafstalks of coco-nut tree some 50 cm. long. Such brooms are also said to be in use among the other inhabitants.

III. KUSAIE.

In Kusaie some houses are built directly on the ground, others on pieces of stone piled up. In either case the dwellings have the floor raised sometimes over 60 cm. above ground. The roof is thatched with coco-tree leaves, as in other islands. The walls consist either of ordinary boards or of thin pieces some 30 cm. long and 6 cm. broad and held fast with cords. Some houses are provided with shutters made of the same material, and even with verandas. In comparison with the dwellings already described, these houses, most of which are of box-like shape, present a great improvement, showing evident traces of European influence. Almost every house has its kitchen, which is a separate shed built close by. Probably this kitchen-shed still preserves its native style without undergoing modification, due to outside influence. As compared with the dwellings, the sheds are, of course, more roughly built and have no flooring. But as regards size they are in some instances much larger than the dwellings (Pl. XV, fig. 2; Pl. XVI, fig. 1).

In Lele we were told that there were seventeen native houses with a population of 220. This averages thirteen persons per house. But it is highly doubtful whether each house can accommodate this number, considering the size of the dwelling, which is generally small. Neither did we observe so many living together in one house. The houses, however, form a village, since they are found in a connected series. The custom of building houses on a sort of stone platform as observed in Kusaie is also met with in Ponapé in dwellings of the purely native style. Among the West Caroline Islands Yap has also the same custom.

IV. JALUIT.

The dwellings in Jaluit are also extremely primitive, the structure being more or less identical with that of the houses in Truk. The roofs are covered with pandanus or coco-tree leaves, and the walls also with the same material. When the natives fasten the walls with cords of coconut fibre they use needles obtained from the jaw-bone of porpoise, so that the cords may be easily passed through the leaves (Fig. 24, *b*). The size of the houses is usually about 4 by 6 m., but some of the smaller ones are scarcely 2 by 2 m. The roofs of such houses are necessarily low, though not to the extent that the dwellers are unable to walk upright. The entrance, which is in most cases provided in the middle of the wall, has often a height of 1.20 m. The house consists of only one room, the preparation of food being usually done outside the dwelling.

It seems that the buildings in Jaluit have lost much of the native element on account of Western influence. Now wooden boards form part of the wall in some cases, and even windows are made, thus the native custom is undergoing a change in architecture as in clothing. So we find houses with floors of wooden boards. It is more usual in Jaluit, however, that the ground inside the building is first covered with gravel-like pieces of coral from the coral reefs, then mats are laid, on which the dwellers sleep. In some cases there is no matting covering the ground (Pl. XIX, fig. 2).

Matting. There are two or three kinds of mats, Jaluit.

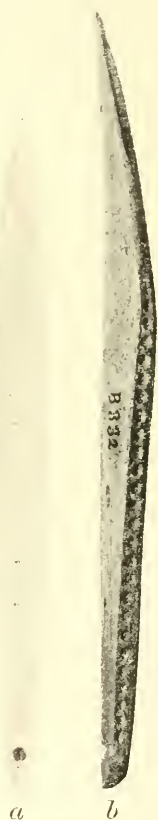


Fig. 24.—Matting-needle (*a*) and thatching-needle (*b*), Jaluit.

of which the most beautiful is the one braided of pandanus leaves. The mats have various patterns of coloured materials braided in them. Sometimes red worsted is used. The size of the mat shown in Pl. XXXIV, fig. 10, is 73 cm. square, but there are, of course, various sizes. In making mats bone needles with eyes are used for facilitating the passage of threads or strings (Fig. 24, *a*). These mats are also found in Kusaie, though it is probable that they are imported from the Marshall Islands. As stated in the first section, they form the material for clothing (loin-cloth for both men and women) in the same islands. According to Christian,¹ needles obtained from bone or shells are also employed in Ponapé in braiding mats and thatching the roof. These needles were also formerly used in making mat-sails, but he does not give any information about the shape, etc. Both in Jaluit and Ponapé mats are made by women.

In Jaluit, if we walk about the village in the evening, we see people putting out their heads from the side of the house which faces the road and talking intimately with those lying close to the wall on the ground outside. This naturally strikes us as an extraordinary sight, but it is certainly not much different to holding a conversation through an open window.

Jabor in Jaluit has one of the best harbours in the Marshall Islands, and the native houses are built together forming a village, unlike the custom prevailing in the other islands. Half of these houses stand facing the lagoon.

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 132.

Chapter IV.

Navigation and Fishing.

I. NAVIGATION.

Skill in the art of navigation is of extreme importance to dwellers on the small islands scattered over the ocean. For crossing the sea they possess no other means than canoes or rafts, the contrivance or construction of which naturally claims their closest attention. Now the islanders of the Caroline and the Marshall group, particularly the latter, are skilful in the building and management of canoes. Not only so, but they also are skilful in the art of making their own charts, by which they know the position of each of the small islands.

1. **Canoes.**—The canoes built by the islanders differ, of course, in size, according to requirement. The types employed in fishing along the coast are rather small; while the “war canoes” or those intended for distant waters are solidly built and of considerable size, capable of carrying dozens of persons. The shape of the canoes is more or less different in the different islands, though the general plan of construction is identical. In the East Caroline Islands, particularly in Truk, the part forming the bottom consists of a hollowed trunk of the bread-fruit tree, while the sides are built of boards which are fastened in place with cords of coconut fibre. Special precaution is taken to prevent leaking. The general form of the canoe is extremely long, and it is sharp at both ends which rise several feet forming the projecting prow and stern. Both the prow and the stern are of the same shape and are, in the larger canoes, very frequently fitted with carved ornaments on the top (Pl. VIII, fig. 2). The sides of the

canoe are painted red, black or in some other colour. Two thwart-poles project horizontally from one side and are fixed to a ship-shaped outrigger of light wood, which is sharp at both ends and fitted parallel to the length of the canoe. The larger type of outrigger measures about one-third of the whole length of the boat. Thwart-poles are of various length, from several to more than ten feet, according to the size of the canoe. These poles are fitted into a pair of V-shaped wooden props on the outrigger and are held fast by means of coconut cords. The whole appliance is to prevent the canoe from upsetting. In sailing the outrigger is always placed to windward, while in rowing it is usually



FIG. 23.—Model of canoe, Ponapé.

put to leeward. But in the sailing type of canoe, the outrigger is also to windward even though the paddle may be used on account of the calm. This is general throughout Micronesia, and we find the same manner of building in our Bonin Islands. In Torres Straits and Mindanao outriggers are often fitted to both sides. In a more or less large sailing type of canoe, a sort of platform which consists of several pieces of boards placed on two thwart-poles is provided, sometimes on one side and sometimes on both, in order to carry goods.

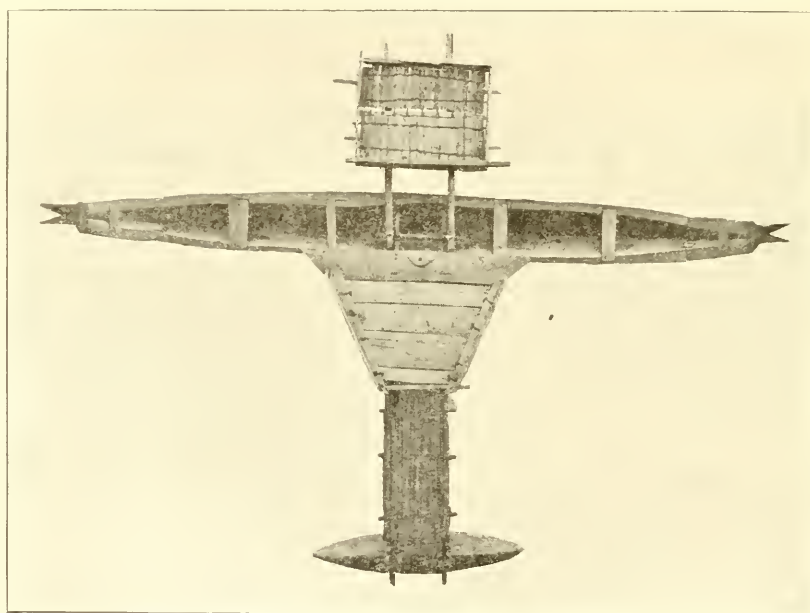


Fig. 26.—The same model as seen from above.

The rowing types of canoes are propelled by paddles with rounded blades, while others are driven by sails. In the latter case, a triangular sail is hoisted on the mast erected in the middle of the boat and made secure by means of coconut ropes fastened at the top of it. The sail is now made of white cotton fabric, though a rough sort of matting was formerly used for the purpose.

This triangular sail is extended by poles thrust along the edges of its sides and is manipulated by means of a rope tied to one of its corners. When sails cannot be used owing to lack of wind, paddles are, of course, employed even in the sailing type of canoe (Figs. 25 and 26).

The natives of the Marshall Islands, who are said to be good navigators sailing far out into the sea, are naturally skilful in the art of building canoes. The ships of the Marshall Islanders, unlike those of Truk, lack sharp projections at both ends. In the general plan of construction there is no difference, since their canoes are also simply trunks of the bread-fruit tree hollowed out, supplemented with boards forming the upper part of the sides. In the Marshall Islands, however, the length of the outrigger is practically the same as that of the canoe itself, the number of thwart-poles being usually four or six, while the mast is comparatively high with a large mat-sail (Pl. XIX, fig. 1). Readers are referred to Dr. A. Krämer,¹ who gives a detailed description of ships in the Marshall Islands.

Sharp tools resembling chisels obtained from sea-shells, mentioned in another section of this paper, were formerly used in building canoes and this, of course, at the cost of a considerable amount of time and labour. Even at present, with the use of iron implements, the construction of a canoe is no easy work for the islanders, often requiring more than twelve months (Pl. XVI, fig. 2).

Prow Ornaments. As already stated, carved ornaments are affixed to the prow and stern of canoes. These ornaments are 38 cm. in length and 54 cm. in the widest point, and of the shape shown in Fig. 27, and are coloured white, black, red, etc. The

¹ A. Krämer, "Der Haus- und Bootbau auf den Marshallinseln," Archiv f. Anthr. N. F. III, 1905, pp. 229-309.

vertical groove in the middle is painted red ; while the other parts are either white or black, more particularly the part in relief is painted black and the part cut in, white. This can be distinguished in photographs. The ornament is flat-shaped, with absolutely the same figures on both sides. It is fixed to the prow and stern by means of ropes passed through a hole made in its lower part. The prow and stern, which project several feet, are rendered still more remarkable by the addition of such ornaments (Pl. VIII, fig. 2).

It may here be asked what is represented by the carved figures. It seems to me that they indicate two birds facing each other with their bills close together, the long part extending right and left, probably showing their tails. The birds represented are probably a kind allied to the Japanese wagtail.



FIG. 27.—Prow ornament, Truk.

The writer was unable to determine this question while in the islands. He was informed that the natives could tell by the ornaments where the canoes come from. It is likely that among different islands in Truk there exist some variations in the pattern of the figures, but not sufficient to regard the figures as the symbol of a particular island or community. These particular figures, of course, serve to indicate the island to which a canoe belongs, there must, however, be some reason deciding the selection of these figures. The figures of birds are, in my opinion, intended, at least partly, as a sort of charm, originally adopted from association with particular birds ; for it is natural for the islanders to desire to sail safely and swiftly over the sea, as the birds fly over the islands dotted on the ocean. This, however,

does not preclude the idea of ornament. J. S. Kubary¹ thinks that the carved figures represent two swallows. He says: "Die Bugverzierung ist von der auf Taf. IX Fig. 6 abgebildeten Form und stellt zwei Seeschwalben vor. Die Eingeborenen achten auf das Vorhandensein dieses Stückes am Buge sehr und wird solches vor dem jedesmaligen Herablassen des Kanoes ins Wasser befestigt." Thus, the carved ornaments act as charm against shipwreck, etc.

A custom similar to the one above described is also found in British New Guinea. Among the natives of Murua in the south-eastern part of British New Guinea, carved ornaments fixed to canoes are, according to C. G. Seligmann,² of the figure of a reef heron, cockatoo, cock, fish or shell. In connection with the superstition of the natives about the figures, he mentions the following interesting story: "Captain Barton told me that, when at Misima in the Luisiade Archipelago, he met with three or four Murua canoes bearing *munkuris* carvings. He tried to buy one of these and offered a large price for it, but the crew of the canoe, although obviously anxious to sell the carving, said that they could not do this as there was none who could carve another that might serve as substitute, and without the *munkuris* (canoe ornament) they might experience all sorts of difficulties during their return voyage to Murua." With regard to the object of these ornaments, the same writer states: "In conclusion, I may point out that although the reef heron and the cockatoo are both totem birds, there is no evidence that *makarakea* (tern) is a totem, and It would appear, therefore, that at the present day the magical efficacy of these carvings is not attributed directly to the influence as totems

¹ J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," Leiden, 1889-1895, p. 53.

² C. G. Seligmann, "A Type of Canoe Ornament with Magical Significance from South-eastern British New Guinea," *Man*, IX, 1909, 16 and Pl. C.

of the birds represented upon them and perhaps the predominance of the reef heron is to be explained by the ease with which this bird skims over the crest of the waves." It is evident, as the above quotation shows, that the carvings are a sort of charm.

In Rubiana (New Georgia), one of the Solomon Islands, the canoe charm, according to H. Balfour,¹ represents a frigate bird and its head not infrequently assumes the form of a human head. "I give here (Fig. 25)," he says "a sketch of one of the wooden 'gods,' which are nearly always affixed to the stems of the sea-going Solomon Islands canoes, as charms against bad weather. The carving represents a grotesque head and the arms of a human figure, and it will be at once noticed that, seen in profile, it exhibits this unnatural prognathism in a marked degree. Now in constant association with these human-form designs, and especially so on the decorated canoes of these islands, we find representations, more or less conventionalized, of the frigate bird which is held sacred by the natives, and which is the subject for ornament most commonly met with throughout the group." Concerning these human form designs, B. T. Somerville² also observes: "On the top of the prows of the war canoes there is usually a carved figure, the commonest being a '*Késoko*' Low down on the prow above the water line the head and shoulders of a '*debble-debbleum*' (called *Totoishu*) is suspended; it is so placed as to dip in the water in front of the canoe. The function of this *Totoishu* is to keep off the *Késoko*, or water fiends, which might otherwise cause the winds and waves to upset the canoe, so that they might fall on and devour its crew." This writer further observes that canoes of a smaller size are often decorated with carvings

¹ H. Balfour, "The Evolution of Decorative Art," London, 1893, pp. 63, 69.

² B. T. Somerville, "Ethnographical Notes in New Georgia, Solomon Islands," Jour. Anthr. Inst., XXVI, 1897, p. 371 and Fig. on p. 372.

representing cockatoos. It is increasingly evident from these quotations that the prow ornaments are intended as charms for ensuring the safety of a voyage, etc. Further, it is of extreme interest to see that even the human-like representations on the prow may be traced in their development back to the figures of birds.

The custom of ornamenting the prow with carved figures of birds is, of course, found in many other islands. A model of the canoe of the Moro tribe in Mindanao, which is preserved in the Anthropological Institute of the Tokyo Imperial University, has a blue-painted carving of a bird affixed to the prow. According to A. C. Haddon,¹ the natives of Teste, a small island situated south-east of New Guinea (Teste with the neighbouring islands form the Massim District), adorn the prow with wooden carvings representing in all probability the frigate bird. Again, O. Finch² writes that similar ornaments of birds are found in Trabriand, another island of the Massim District. Further, this custom may be met with not only in British New Guinea but also in the Dutch portion of the island. According to Van der Sande³ and K. Th. Preuss,⁴ the natives on the northern coast of Dutch New Guinea ornament the prows of their canoes with bird-figures and other representations. In his recent paper, C. G. Seligmann⁵ describes the bird-figure prow ornaments from Humboldt Bay, Dutch New Guinea; he compares them with similar ornaments from British New Guinea, pointing out their mutual relationship. We find also the

¹ A. C. Haddon, "The Decorative Art of British New Guinea," 1894, p. 197; Pl. XII, fig. 185.

² O. Finch, "Ethnologischer Atlas. Typen aus der Steinzeit Neu-Guineas," Leipzig, 1888, p. 27; Taf. VII, fig. 6.

³ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," p. 208; Pls. XXII, XXIII.

⁴ K. Th. Preuss, "Künstlerische Darstellungen aus dem Deutsch-Holländischen Grenzgebiet in Neu-Guinea," Intern. Arch. f. Ethnog., XII, 1899, p. 169; Taf. V.

⁵ C. G. Seligmann, "Canoe Prow Ornaments from Netherlands New Guinea," *Man*, XVII, 1917, 30 and Pl. C.

prow ornaments in New Guinea illustrated in Partington's Album.¹ The custom is also met with in the New Hebrides. We learn from B. T. Somerville² that in Malekula (Mallicollo?), an island of the New Hebrides, larger types of canoes always have coloured carvings on the prow representing the head and breast of sea-birds. The meaning of these ornaments in the different islands or localities is not expressly stated in every instance, yet it is sufficiently evident, as the writings of Seligmann, Balfour and Somerville show, that they are all of them intended as a charm to avert evils or disasters on the sea.

We now turn from the consideration of canoes in the South Sea Islands to ships of civilized peoples. Of those constructed in Japan, the historic *Atake Maru*, for instance, had a dragon-head figure on the prow, while the *Kujaku Maru* built by the feudal lord of Kishu bore the figure of a pea-cock. Here, of course, these figures are ornamental in their primary intention, yet it is most probable that they are a development, whether direct or indirect, from the "dragon-head and *i*-head"³ ships of the Chinese. The *i* or *yih* is an aquatic bird like the heron, and the figure of this bird has most frequently been chosen as the ornament for prows. But there is scarcely any doubt that it was originally meant for a charm, as in the South Sea Islands. The figure-head of modern vessels of Western type may be derived from the canoe charm, a sort of guardian angel of the primitive canoe to which it is affixed; though in modern vessels it takes the form of a statue or bust of a person or object which is related

¹ J. E. Partington, "An Album of the Weapons, Tools,...of the Natives of the Pacific Islands," Pls. 264, 286.

² B. T. Somerville, "Ethnological Notes on New Hebrides," Jour. Anth. Inst., XXIII, 1894, p. 376.

³ 龍頭鷺首

to the vessel's name at the head of the vessel, over the cutwater and immediately under the bowsprit, or even the form of a fiddle-head or scroll-head, bearing only slight resemblance to their prototype.

Canoe Balers. Balers, which are pieces of the bread-fruit tree hollowed out like canoes, are employed for throwing water out of the canoe. We obtained one of these balers at Jokaj, Ponapé. It was the shape of one half of an egg cut lengthwise, so to speak. It measured 31 cm. in length, 17 cm. in its greatest breadth, and 8.5 cm. in depth. The handle is of a size which can be conveniently held by one hand. When a baler gets cracked, the method of "repair" is much the same as among us, for it is mended by threads passed through two holes, one made on either side of the fissure. The shape of the balers is very simple, usually with no ornamental carvings. However, in New Guinea and New Zealand some are found with carvings on handle or other parts. The natives of New Zealand are more or less skilful in carving. A baler mentioned by H. St. George Gray¹ had the "tongue of defiance" carved, showing much improvement in the general make-up.

2. **Charts.**—The inhabitants, living as they do on islands scattered over the ocean, naturally acquire the art of managing canoes sailing even to distant waters, either to obtain food or for trade. It happens, however, that they are frequently prevented from returning home on account of the waves, winds or currents. For instance, six men from Uleai, an island of the West Caroline group, drifted to the eastern coast of Formosa some years ago.²

¹ H. St. George Gray, "A Maori Canoe Baler," *Man*, VI, 1906, 5.

² Y. Ino, "Notes on the Natives of the Caroline Islands," (in Japanese) *Jour. Anthr. Soc. Tokyo*, XXIII, 1908, p. 131. "A Eoat from the Caroline Islands at Mayo Bay" shown in Pl. LXII of Fay-Cooper Cole's "The Wild Tribes of Davao District, Mindanao" closely resembles in the shape of the prow that of Fig. 25 in this paper. It seems probable that a canoe has been photographed which drifted from the Caroline Islands. But he does not give any information about it.

Such instances may be infinitely multiplied, accounting for the presence of men even on otherwise uninhabited islands. Granting their skill in navigation, winds and waves will always be dreaded by the islanders who naturally try to overcome them, at least partially. And the inhabitants of the Marshall group are quite advanced in this respect. They make charts for themselves, by the aid of which they know the position of small islands and in which even the direction of swells are indicated, all for the safety of their navigation. The making of such charts must, indeed, be regarded as showing much progress.

However, the charts just mentioned are simply lattice-frames made up of leafstalks of coconut palm(?), which are cut smooth, each 10 mm. broad and 5 mm. thick. Different parts of the lattice-frame are tied fast with pieces of the bark of trees, and shells are attached here and there to represent the atolls. The curved stems indicate swells, while most of the straight ones serve as

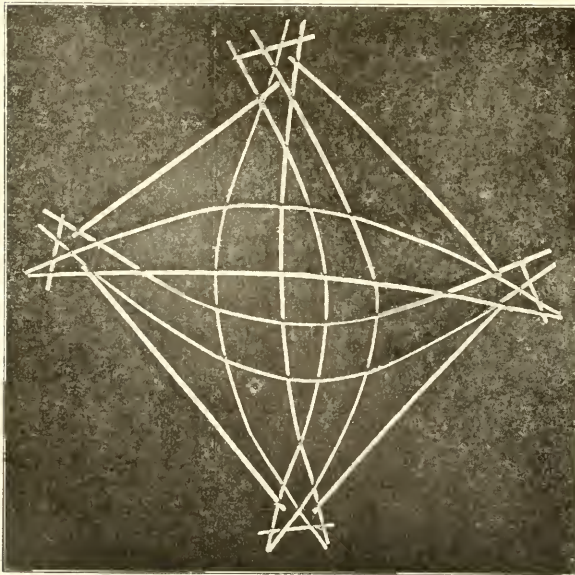


Fig. 28.—Chart from Jaluit.

supports for the whole frame. The charts are of different sizes ; some are 1.00 by 0.50 m., while others are 1.50 m. in length.

Even in the West there are not many museums and similar institutions which possess these charts, and there are only a few publications dealing with the subject. The

studies of Kapitän Winkler¹ published in Berlin in 1898 contain the most detailed descriptions, which have since been quoted or amplified by A. Schüek. Now, according to Kapitän Winkler, the Marshall Islanders have three distinct kinds of charts, namely (1) the chart for general instruction, (2) charts showing the whole group of islands, and (3) charts showing only a few of the islands. The first is intended to give a general idea of swells from different directions or the intersecting points of such swells, while the others are designed for showing chiefly the relative position of each island and the direction of the swells. Fig. 28 shows the chart in the possession of Prof. N. Yamasaki of the Tokyo Imperial University. It belongs to the first class, several stems indicating the course of swells.

II. FISHING.

There are, of course, various methods of fishing. For instance, women or girls in Truk, while standing in groups on reefs lying near the shore, catch small fish, each holding two triangular nets in her hands (Pl. IX). Beside catching large fish in calm lagoons from a canoe, the men sometimes also fish on reefs, where they employ a harpoon with several points on its head. These are the methods most commonly met with, not only in Truk but also in other islands, though, of course, the natives have other ways of fishing. It is stated of the islanders of Ponapé, who are good fishermen, that "one skilled in this art is always assured of a goodly alliance by marriage, to which his resourcefulness as a

¹ Kapitän Winkler, "Marine-Ründschau," Berlin, 1898, Heft X. English translation: Winkler, "On Sea Charts formerly used in the Marshall Islands, with Notices on the Navigation of these islanders in general," Ann. Rep. Smiths. Inst. for 1899, Washington, 1901, pp. 487-508. It is said that this translation is not very polished. See also A. T. Joyce, "Note on the Native Chart from the Marshall Islands in the British Museum," *Man*, VIII, 1908, 81.

good-provider entitles him.”¹ It will thus be seen how important is the art of fishing to the welfare of the islanders.

Pearl-shells are the material used for making fishing-hooks. The stem of a hook consisting of this material has two or three notches cut on the lateral sides of its lower part. To these notches a needle-like piece is fixed, which is obtained from the same material. This piece is slightly curved inward but it does not exactly form a barb. In order to attract fish, a tuft of tree-fibre or a piece of cotton cloth, from 5 to 7 cm. in length, is put on the hook and the effect is heightened by the lustre of the shell, of which it is made as above stated (Fig. 29, *a*). Sometimes needle-like pieces are of tortoise-shell (Fig. 29, *b*). In any case, the hooks are not baited, and the lines are let into the sea, while the canoe is moving.



Fig. 29.—Fishing-hooks Ponapé.

Partington's Album, Pl. 177, shows the barbed hook used in Kusaie, where we did not succeed in collecting such specimens. We were told on that island that stems of hooks had formerly been in use as a medium of exchange and that they came to be called "Kusaie money." These hooks acquired the value of money, probably on account of the scarcity of pearl-shells which form, as described above, the material for hooks. In Yap, for instance, white pearl-shells are used as money, simply, because such shells must be obtained from other islands.

These hooks are also found in other islands. Those met with

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 126.

in the Solomon Islands¹ are very much like the ones mentioned above, both in shape and material; the only difference being the degree in the curving of the needle-like pieces. The Polynesians also possess similar hooks, though theirs, it appears, are provided with barbs. In the Caroline group itself, those found in Yap² have sometimes barbs on the inner and the outer side of the apical part of the hook made of tortoise-shell.

Chapter V.

Implements and Weapons.

I. IMPLEMENTS.

Nowadays iron implements are imported from abroad and the natives can get almost any edge-tools they want. The inhabitants naturally have passed through the usual stages of human development, in which they made various kinds of tools of stone and similar materials. Since it is easier to make their implements of shells than of stone, the islanders chiefly employed the former material not only in Truk and Ponapé, where basalt is found, but also in other islands of the Caroline group, which are coral-islands and where it is extremely difficult to obtain stone.

As mentioned elsewhere, pieces of shell are still employed as culinary utensils, though the natives no longer use axes or chisels made of this material. One must now visit the famous ruins in

¹ B. T. Somerville, "Ethnographical Notes in New Georgia, Solomon Islands," *Jour. Anthropol. Inst.*, XXVI., 1897, p. 401.

² J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," *Taf.* XVII, Fig. 3.

Kusaie or Nanmatal to obtain such implements. The central shaft of the giant clam was used for making edge-tools, and what are to be called axes are found most frequently. The majority of these shell-axes are one-edged, unlike those of stone found in Japan which are commonly double-edged. Even in the case of axes with two edges, only one edge is sharp, the other being so blunt that it cannot be properly called an edge at all. Besides, they are generally convex on both sides, like those of the stone axes in Japan, but some are convex on one side and flat on the other. The shell-axes



Fig 30.—Shell-axes from the Caroline Islands. *a* and *k* Malem, Kusaie. *b*. Tol, Truk. *c* and *h*. Lele, Kusaie. *d* and *g*. Pingelap. *e*. Palau. *f*. Peliur, Kusaie. *i*. Panni, Nanmatal, Ponapé. *j*. Nantanas, Nanmatal, Ponapé.

of the latter kind are quite sharp and resemble gouges, the cross-section of them presenting the appearance of a semi-circle. Such axes of stone or shell are also found in Palau, and they seem to have been used as chisels in building canoes (Fig. 30, *h* and *k*).

They vary in size. But of some dozen axes collected by us and of those collected and presented by Dr. Hasebe, the most common size is 10 cm. in length. The one obtained by Dr. Hasebe at Malem in Kusaie (Fig. 30, *k*) was the largest, with a length of 28.5 cm. and an edge-breadth of 9.2 cm. Stone axes of this size are seldom found in Japan. Shell-axes well polished are so white and bright that one can hardly distinguish them from stone axes. It seems evident that they were fitted with wooden handles consisting of forked branches of trees, as can be seen from the iron axes the natives now employ. It is also clear from other evidence that in fixing wooden handles to the axes the sharp side of the edge was usually put outward, though it must have been the reverse with the case of those shell-gouges which were used in the building of canoes.

Shell-axes were used together with others made of stone in New Guinea and other islands. According to S. J. Gardiner,¹ stone, or shell implements some 3 inches long and made of clam are used by the natives of Rotuma north of the Fiji Islands in preparing the pandanus leaves for mats, just as shell-knives are used by the islanders of Palau in making coverings for the waist. The name of shell-axes or stone axes would suggest that they are used in cutting trees or strong ropes, but some of them are used only in such light work as has just been mentioned. The small-sized shell-axe shown in Fig. 30, *c*, may have served a

¹ S. J. Gardiner, "The Natives of Rotuma," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVII, 1898, pp. 419, 460; Pl. XXVIII.

similar purpose. Though the chief implements are now those made of iron, shell-adzes have not entirely gone out of use, as already stated, probably because the latter implements are preferable for the kinds of work not requiring particularly sharp instruments, but freedom from rust.

II. WEAPONS.

1. **Spears.**—Of all the weapons spears and clubs are certainly the most simple ones. The natives of Truk use wooden spears, which have no heads of steel or bone but are sharpened at one end. The shafts are made of a variety of mangrove and are 2·90 m. long. In war the natives are said to have attacked the enemy with spears, two in each hand. Previous to fighting, each side vilified the other, and their animosity is said to have culminated in a deadly charge. Spears were formerly used in other islands also.

2. **Clubs.**—The Pingelap settlers in Ponapé use clubs made of hard wood, from 1·20 to 1·50 m. long. The head, some 67 cm. long and some 7·5 cm. wide, is like that of a halberd, and has six notches on either edge (Fig. 31, *b* and *c*). The natives of Truk employ the same clubs called *chamoyu*, which means “that which breaks the forehead.” Similar clubs are used by the natives of Samoa. In Truk there is a simple kind of club which consists of a sharpened shaft measuring 80 cm. in length (Fig. 31, *a*).

3. **Slings.**—The natives of Truk and Ponapé practise stone-throwing by means of slings. The

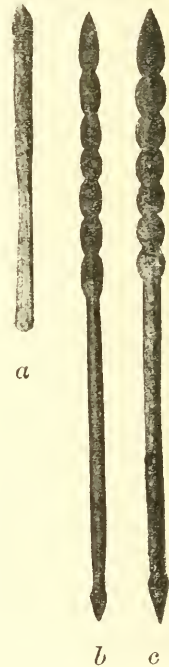


Fig. 31.—Clubs from Truk (*a*) and Ponapé (*b* and *c*).

missiles are not stones taken at random, but prepared stones of the size and shape of a hen's egg, though slightly pointed at both ends (Fig. 32). Their slings are made of the bark of the hibiscus tree. Skilful natives throw such missiles to a considerable distance.

The practice of stone-throwing is in evidence in Yap, of the West Caroline group.¹ It also prevails in various islands of Melanesia and Polynesia, for example in New Britain, New Hebrides, New Caledonia, Fiji, Marquesas, and Tahiti. The stone missiles used in New Caledonia are of a pointed oval shape like those in Truk, but the slings employed in the former are far more simple than those in the



Fig 32.—Sling-stones,
Truk.

latter, they consist of a simple cord which doubles in the middle for receiving missiles.² The sling was formerly used by the natives of Hawaii too. With regard to this fact, W. Ellis says: "The slings were made of human hair, plaited, or the elastic fibres of the coconut husk; the stones they employed were about the size of a hen's egg, generally ponderous pieces of compact lava, from the bed of a stream or the sea-beach, where they had been worn smooth by the action of the water."³ In a fight at a distance the slings proved quite destructive, so to the natives of the Caroline Islands who use no bows the slings may be important weapons.

Archery is unknown to the natives of Polynesia and the Malay Archipelago, but there are not a few natives in Melanesia who are acquainted with the art of shooting. In the Philippines too, the Negritos are familiar with archery and shoot with bow and

¹ The instrument in Palau which is called the sling by Captain Wilson is used for discharging darts, not stones, as missiles (See G. Keate, "An Account of the Pelew Islands," p. 314).

² F. Ratzel, "The History of Mankind," London, 1896-1898, Vol. I, p. 235.

³ W. Ellis, Hawaii, p. 141.

arrows. F. W. Christian says that in Ponapé bow and arrows are said to have been used by the *Chokalai* or dwarf aborigines.¹ There are nothing but traditions testifying to the existence of such a race, but the characteristics of its physique as told by the traditions induce us to associate the *Chokalai* with the Negritos. It is true that the use of bows and arrows cannot be an important datum in the identification of races, nevertheless it will throw some light on the matter, in view of the recent discovery of a diminutive race like the Negritos in the mountaineous region of New Guinea. It need not surprise us that the Negritos once inhabited the Caroline Islands, outside of New Guinea and the Philippines where they are now found, since in ancient times they may have been distributed over a larger area.

Chapter VI.

Decorative Patterns.

The decorative patterns employed by the natives of the East Caroline and Marshall Islands appear on the dancing-paddles² (Fig. 33) of Ponapé, looms and fabrics (Fig. 14) of Kusaie, lover's wands (Fig. 37), textiles (Fig. 12), sometimes coconut ear-rings and combs (Fig. 6, *g, h*) of Truk, fans (Fig. 34, *b*) and mats (Pl. XXXIV, fig. 10) in the Marshall Islands, as well as in the tattoos

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," pp. 111, 137.

² The dancing-wands used by the natives of New Britain, which are carved or painted (?), closely resemble the dancing-paddles of Ponapé. The only difference is that the former are smaller in size than the latter, with shorter handles. They are probably of the same origin. See J. E. Partington, "An Album of the Weapons, Tools, .. of the Natives of the Pacific Islands," Pl. 276.

(Figs. 3 and 4) on the natives of those islands. They either consist of parallel incised lines or form geometrical patterns. Coils or designs derived from animals or plants are never met with. Tattoos now done are not necessarily in accordance with the native pattern, though we find marks which follow the conventional design on the bodies of old persons.

The decorative patterns in those islands invariably consist of triangles, squares, lozenges, and St. Andrew's crosses, all of which are generally used in a series. Not infrequently checkers are also found, but there are no designs having concentric circles. In wooden carvings, the figures are generally painted, in order to render them more prominent. In the dancing-paddle and the loom, lime is applied to the engraved parts while the parts in relief are either left as they are or are painted black, but with no attempt at producing the effects of light

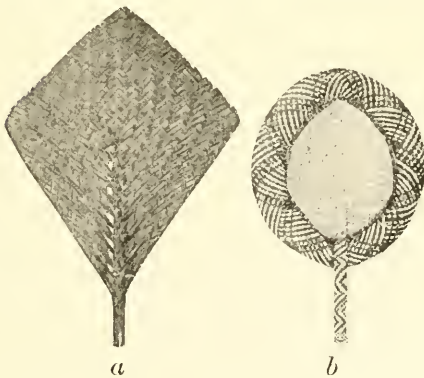


Fig. 34.—Fans from Truk (a) and Jaluit (b).



Fig. 33.—Dancing-paddle, Ponapé.

and shade. Mats made by the

natives of the Marshall Islands have bright patterns of red, brown, black, and other colours. They are perhaps their best artistic production.

In the West Caroline group, the decorative patterns employed are also geometric as in the case of the East Caroline Islands. But

in the former islands not only concentric patterns but designs representing human figures or those of birds are found. In most



Fig. 33.—Baskets from Kusaie.

cases, however, these human or bird figures are transformed into geometric patterns. This is something not met with in the East Caroline group. Among

the natives of Polynesia and Melanesia conventionalized representations of animal forms are used in ornamentation.

Chapter VII.

Castration.

One of the most extraordinary customs in the East Caroline Islands is castration which is practised in Ponapé, where boys have their testicles removed when sixteen or seventeen years of age. I inspected a native, aged twenty-five, who was castrated. He had his right testicle removed, and a scar, some 20 mm. long, was left on his scrotum. His remaining testicle appeared somewhat larger than the ordinary size. It is said that only the right testicle is here removed in castration.

Circumcision as practised by the Jews is the most well-known of all practices injuring the genital organs. The same practice prevails extensively in various parts of the world; such as Africa, Australia, Fiji, New Guinea, New Caledonia, New Hebrides, and other South Sea Islands. Besides, artificial hypospadias is

practised among the natives of Australia and the New Hebrides ; while among the Malays of the Malay Peninsula, of Sarawak (Borneo) and Ceylon, the penis is injured and prepared for the purpose of winning the favour of the female, as well as for displaying courage.¹

These operations are performed on the penis, but the custom in Ponapé is castration, as above noted. It is well-known that eunuchs in China were castrated. The custom of castration also prevails, according to E. Ruelle,² among the Mossi tribe west of Dahomey in West Africa. The chieftain of the tribe performs the operation of castration upon boys to make them safe guardians of his harem. Maurice Delafosse says that among the Galla tribe in East Africa boys between ten and fifteen years of age are castrated. These castrated boys or eunuchs are employed in the Moham-medan harems. A savage practice to remove the testicles by crushing them between two flat stones is met with among the Sidama tribe inhabiting the south-west of Abyssinia. Among the Zindjero tribe living east of the Sidama, all males except those of the chieftain's family have one of their testicles removed.³

Various theories are propounded to explain circumcision, a custom which has such an old history and which prevails in different parts of the world. The hygienic theory may not easily be dismissed, but it is hard to explain the purpose of castration practised by some particular tribes, which constitutes one of their racial characteristics. It may be argued that the custom in Ponapé is intended as a restraint on the increase of population, but it must be remembered that the natives on the island have only

¹ "Untrodden Fields of Anthropology." By A. French Army-Surgeon. Paris, 1898, Vol. II, pp. 363, 365.

² E. Ruelle, "Notes anthr. ethnog. et soci. sur quelques populations noires du 2^e Territoire militaire de l'Afrique occidentale française," *L'Anthropologie*, XV, 1904, pp. 678, 679.

³ Maurice Delafosse, "Les Hamites de l'Afrique orientale. D'après les travaux les plus recents," *L'Anthropologie*, V, 1894, pp. 169, 170.

their right testicle removed. As long as the left testicle remains, the generative power may not be destroyed and there are still chances of reproduction.

Why does this savage practice exist? I put this question to a native, but failed to get any satisfactory information. Judging, however, from similar customs prevailing among various savage tribes, I am rather inclined to believe that the removal of one testicle as practised in Ponapé is not so much for the purpose of preventing pregnancy as for displaying courage on the part of the male who undergoes the operation. It is likely that the practice comes from the same motive as head-hunting among the Malay tribes, namely the display of courage so characteristic of uncivilized tribes. Such practice may even be a condition for the acquisition of a certain social standing, so boys may naturally consider it an honour to go through the operation.

The idea seems preposterous, but it is a fact that in some uncivilized races, boys, when they come of age, must go through the initiation ceremony or must display courage before they are granted the rights enjoyed by men, and that such ceremonies usually consist of operations, among others, of mutilating portions of the body.

Among the natives of Australia, for instance, the initiation ceremony is widely practised, and there are even many varieties of it. According to A. W. Howitt,¹ the important feature of the ceremony among some tribes is the breaking of one or two of the incisors. In other tribes, however, B. Spencer and F. J. Gillen² say that circumcision and sub-incision form the chief feature of the

¹ A. W. Howitt, "The Native Tribes of South-east Australia," London, 1904, Chapter IX.

² B. Spencer and F. J. Gillen, "The Native Tribes of Central Australia," London, 1899, Chapter VII. The same authors, "The Northern Tribes of Central Australia," London, 1904, Chapter XI.

ceremony. The former is performed in the same manner as is common among other races, while the latter consists in cutting open the urethra with a sharp stone implement. Boys must undergo this cruel operation at the age of puberty, and girls also must go through the corresponding operation. These operations entitle them to marriage and other rights.

As regards, however, the purpose of this horrible practice, the natives themselves are quite in the dark. The "terrible rite" as mentioned in "The Australian Race" of Edward M. Curr,¹ published some thirty years ago, is an operation coming under the head of sub-incision. According to this author, it is practised for the purpose of diminishing the procreative power, but the recent researches of Spencer and Gillen show that it forms one of the chief features of the initiation ceremony, as already noted in this paper. It seems sufficiently certain that the practice is neither for the prevention of the increase of population nor for the regulation of food supply, though its positive meaning is unknown. This view becomes stronger, when one considers that among some tribes infanticide prevails and also the belief, noted by Spencer, Gillen and Roth, that the birth of a child is the direct result of the entrance of the ancestral spirit into the mother through her navel, the spirit being imagined as a minute substance the size of a small grain of sand. In other words, they have no idea of the association between procreation and sexual intercourse.² At any rate, savages may destroy part of their genital organs to display the courage necessary in grown-up men, but not to prevent pregnancy as supposed by civilized peoples. It is thus probable that

¹ E. M. Curr, "The Australian Race," Melbourne & London, 1886-1887, Vol. I, p. 74.

² B. Spencer and F. J. Gillen, "The Native Tribes of Central Australia," Chapter VII. and "The Northern Tribes of Central Australia," Chapter XI. W. E. Roth, "Superstition, Magic, and Medicine," North Queensland Ethnography: Bulletin No. 5, Brisbane, 1903, pp. 22, 23.

the removal of one testicle has nothing to do with the question of population, but that it is a mark of honour from long usage, indicating bravery or the full attainment of a man's status.

It may be argued that while the Australian aborigines are the most uncivilized in the world, the natives of Ponapé stand on a higher plane of civilization, it is therefore not right to compare the customs of the latter to those of the former. So far as I know, the initiation ceremony does not exist in Ponapé. Nor do I mean to imply in the least that the customs of the native tribes in Australia and those of the natives of Ponapé are of one and the same origin. The custom of injuring the genital organs among the Australians is adduced simply as an instance that this has nothing to do with the suggested prevention of pregnancy. But we should not be surprised to find that the said customs in Ponapé and Australia are of the same origin.

Among the customs of the various races which mutilate parts of the body for ornamental purposes, or as a symbol distinguishing a certain class, there are some whose meaning it is impossible to ascertain. It may be remarked that not every custom of a tribe or a nation agrees with the general level of their civilization. For instance, women in Europe use the corset to compress the waist. They fully realize that the corset is harmful to health, but that does not make them give up the practice. It is difficult, therefore, to infer or deny from the general level of civilization the existence of a particular custom in a particular region, especially in view of the fact that uncivilized tribes are possessed of strange customs. So it is small wonder, if the natives of Ponapé have customs resembling those of the Australian aborigines.

When I had written so far, I obtained A. Cabeza Pereiro's

work.¹ Under the caption of "Castration," he writes that there is a custom in Ponapé for boys to undergo castration at sixteen and up to twenty years of age. Those who will not be castrated are despised by the girls as cowards, so the boys, almost without exception, undergo the operation willingly. When they recover from the operation and regain their health, they tell their friends both male and female, about it by way of boasting of their courage. The operators, who are old men, are limited to a few in number and the operation is done in secret with the assistance of their friends. If close attention is not paid to the operation itself or the care after it, those operated on are said to be attacked by fever, and some even die.

Chapter VIII.

Miscellany.

1. **Cold Bath.**—The natives of Truk and Panapé bathe in small streams or pools. In Truk I saw two women with children bathing in a muddy stream, which ran across a road and which was only several inches deep. They squatted or nearly squatted in the stream, splashing water on their bodies. They did not use towels or anything of the kind. The natives, young and old, bathe with their waist-cloth on, but only for a short time. They never wipe their bodies, when they are out of the water. Some change their waist-cloth for a dry one, but others go home with the wet cloth on. The natives in Samoa also bathe without taking off their waist-cloth.²

¹ A. Cabeza Pereiro, "La Isla de Ponapé. Geographia, Etnographia, Historia," Manila, 1895, pp. 130-132.

² G. Turner, "Samoa," p. 121.

In a village of Truk I was surprised to see a woman bathing a child in a muddy pool, and letting it drink from the muddy water, apparently with indifference. The islanders do not hesitate to take a bath by the roadside, and in muddy water as above noted, probably because they have few streams (Pl. X, fig. 1).

2. **Manners.**—It would appear that a long sojourn is necessary for a study of native manners, but constant attention even on a limited journey will enable one to discover important racial characteristics. As mentioned elsewhere, foreign elements have been introduced into the attire and ornaments of the islanders superseding native customs in some respects. Manners, on the contrary, do not and cannot undergo a rapid change, this is the reason why the study of manners occupies so important a place in ethnographical researches. I failed, however, to observe any points particularly remarkable in their manners during our cruise.

The women in Truk and Jaluit sit somewhat like the Japanese, however, not on their heels, but rather with their haunches directly on the floor or ground, just like the natives of Tonga. In these islands I failed to observe women sitting cross-legged, though this is the custom in Samoa. But the men generally squat.

In Jaluit, women are seen crouching by the roadside, but women of Truk were seldom observed in this position. However, in both islands, women were seen sitting to take a rest. In sleeping, the natives lie on their sides or backs with their knees somewhat bent like the Japanese.

3. **Fortune-telling.**—When visiting Truk, you will find bits of plaiting made of leaves lying on the ground near the houses of the natives. These are lots employed in fortune-telling. There are two kinds of them in use. One consists of a palm leaf split into pieces, some 8 mm. wide and from 12 to 13 cm. long, and tied

irregularly into knots. By counting the number of knots, the natives tell their fortune, especially regarding their love-affairs. The other kind of lots are simply long pieces of coco-tree leaves, some 14 cm. in length, which are folded several times. The na-

tives tell their fortune from these by counting the number of folds or creases (Fig. 36). The same custom is in

evidence in Yap and the Marshall Islands.

4. **Lover's Wand.**—The Micronesians, like other uncivilized races, are extremely loose in morals. They enter the sexual life at the age of twelve or thirteen, so, of course, the natives of Truk alone should not be blamed for their wanton customs. However, the latter have a peculiar custom, and a tool, too, which they call *falei* and which may be named the lover's wand from the purpose for which it is used.

The lover's wand (Fig. 37) is a carved stick, which is some 1.50 m. long and is used for proving or detecting personal identity in visiting women by night.

Fig. 37.—Lover's wand, Truk.

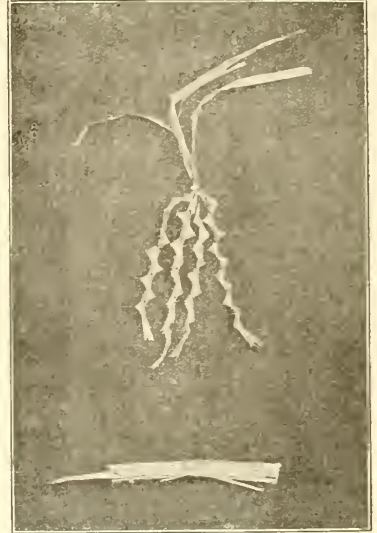
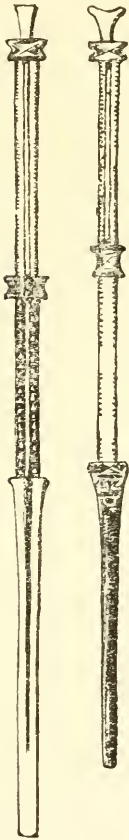


Fig. 36.—Lots used in fortune-telling, Truk.

Any man who wants to use the wand carries it with him and displays it before

women. He can depend, in most cases, on the love of any woman who cares to inspect his wand, by touching its carvings. Of course, different men have different designs carved on their wands.

Night comes and the man visits the woman and awakens her by means of his wand. She can identify him by feeling the carvings on the wand, and either receives or rejects her lover.

Adultery is not rare among the natives, some of whom venture to break into the bedrooms of married couples with their wands in hand. Though the natives are said to be sound sleepers, it sometimes happens that the intruders are killed by the husbands.

Now the lover's wands above described are going out of use and are replaced by edge-tools with carved handles. Every native has a large knife or cutting instrument imported from abroad; and when its handle is carved, it is said to serve the same purpose as the lover's wand. Thus, we find, that while the old tool is disappearing, the custom itself is retained, a fact which goes far to explain many of the peculiarities observed in Truk. A similar custom is said to prevail in Ponapé, where the natives use only plain sticks, with which they visit women in their bedrooms for erotic purposes.

The existence of a custom such as that above described will probably account for the partitions, dividing, in the case of the houses of Truk, the "bedrooms" of married couples from other sections, as already noted under the head of dwellings.

PART II.

The West Caroline Islands.

Chapter I.

Clothing and Personal Adornment.

The West Caroline Archipelago comprises Palau, Yap and other smaller islands. In customs and other respects there are some noticeable differences between the natives of the two islands or groups of islands; but on the whole they may be classified under one head. In the following pages their customs will be described in the order as adopted in Part I.

I. ADORNMENT OF THE BODY.

1. **Body-painting.**—The natives of the West Caroline Archipelago, like those of the East Caroline group, have a custom of painting the body with a yellow or orange pigment obtained from the turmeric (*Curcuma longa*), but in the archipelago under consideration the painting is not done so conspicuously as, for instance, in Truk. In Yap the pigment is called *reng*, which means "yellow." Although the chief object of painting the body with this pigment is personal adornment, there is also a secondary significance in the practice as a preventive against taking cold on account of sudden changes of weather or against the attack of mosquitoes. As mentioned elsewhere, the *reng* or *taik* has a strong, offensive smell, which probably is effective in warding off noxious insects.

The women in Palau smear their bodies with the same material dissolved in coconut-oil, consequently their skin appears remarkably glossy though not striking in colour. This custom seems to have existed for a long time; for we find Captain Henry Wilson¹ writing some one hundred and thirty years ago that he saw the custom in Palau. Besides being used as a toilet article, the *reng* is also employed in dyeing petticoats, or in painting the corpse as in Truk.

2. **Teeth-blackening.**—The custom of teeth-blackening seems to prevail among the natives of Yap and Palau, though the writer had no opportunity to observe natives blackening their teeth. The islanders of Yap apply for this purpose a sort of paste between the teeth and lips, which they obtain by mixing earth containing sal ammoniac with the juice extracted from the leaves of a certain plant. This custom is especially observed among the Yap women, as they have a difficulty in keeping their teeth white. This is to say, the natives of Yap chew betel-nut, which makes their teeth dark red. As this looks anything but well, the women are said to prefer blackening their teeth, discoloured by betel-nut chewing.² It would appear, however, that if this was the correct explanation of teeth-blackening in Yap, the practice must be common to both sexes, which is not the case. Why is the custom almost limited to women only in the island? It may perhaps be more reasonable to suppose that as among other tribes teeth-blackening in Yap is simply for the adornment of the body,

¹ G. Keate, "An Account of the Pelew Islands, situated in the Western part of the Pacific Ocean. Composed from the Journals and Communications of Captain Henry Wilson, and . . .," 2nd ed., London, 1788, p. 300. This is perhaps the oldest book on Palau, and the only authority on the old customs in the islands. When it first appeared, the book was translated into various languages.

² P. Salesius, "Die Karolinen-Insel Jap," Berlin, p. 52.

having little to do with betel-nut chewing, and is also perhaps an indication of a girl attaining her puberty.

Captain Wilson, who is above quoted, writes that the natives of Palau, both male and female, dye their teeth black when they grow up. On his return voyage, he brought with him the second son of Aybathul, "king" of Palau, who blackened his teeth on board the ship. Of this we read the following description. "At Saint Helena, Lee Boo (son of Aybathul) appeared much delighted at finding some groundsel, and chewing it, rubbed his teeth with it. Captain Wilson telling him it was not good to eat, he gave him to understand that they had it at Pelew, and used it, with four other herbs, bruised together, and mixed with a little chinam (lime) into a paste, which was applied to the teeth every morning, in order to dye them black;....At night, he said the paste was taken away, and they were permitted to eat a little. The same process was repeated the day following, and five days were necessary to complete the operation."¹

According to C. G. Seligmann, the natives of Tabetube, an island south-east of British New Guinea, practise teeth-blackening as a personal adornment and also as a means to attract the attention of the other sex. The process is described as follows: "The *tari* (a black bituminous semi-fossilised wood) is prepared for use as follows: a number of the leaves of the *badira* tree are chopped fine and roasted, after which they are mixed with a few fragments of *tari* and a little water and the whole reduced to a paste. To blacken the teeth some of the mass is spread on a piece of dried leaf, which has been cut to fit the outer surface of the front teeth. The paste is placed in position between the lips and teeth at night and is not removed till next morning, when its wearer

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," pp. 319, 320.

scrapes the paste from his teeth, which have now become a dark brown black.”¹

3. **Tattooing in General.**—As noted in Part I, cicatrization and tattooing proper come under this head, the latter being most frequently met with in the West Caroline Islands.

A. **Cicatrization.**—This is not so widely practised in the West Caroline Islands as in Ponapé, so far as my observation goes. But in Palau I saw natives of middle age, both male and female, with cicatrices. On the top of their upper arms the women had bits of parallel oblique lines, dots about the size of red beans, or raised cuts with the pattern ✂. The patterns on both arms were not necessarily the same. It is said that this custom did not originally exist in Palau, but was introduced into the islands by the settlers from Ponapé, though this cannot be accepted without reservation.

B. **Tattooing.**—The custom of tattooing prevails in Yap and Palau as in the East Caroline Islands, but the practice is falling into desuetude, especially in Yap where, if at all, only the four limbs are tattooed. Though an old man whom I saw in Yap had tattoo marks all over his body with the exception of the face, such instances are very rare and the practice will in all probability disappear from the island before long. W. H. Furness gives an instance like the native just mentioned, in a plate of his book entitled “The Islands of Stone Money.” Here the body, except the face, forearms and hands, are all covered with thick horizontal or longitudinal lines. The tattooing on this scale is also practised among the men of Sonsol, an island lying south-west of Palau.² The natives of Ponapé and Jaluit tattoo less extensively; neither do the inhabitants

¹ C. G. Seligmann, “The Melanesians of British New Guinea,” p. 492.

² J. S. Kubary, “Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels,” p. 89; Taf. XI.

in other South Sea Islands now under Japanese control have their bodies tattooed so profusely as is the fashion in Yap and Sonsol. However, the custom of tattooing over a large surface of the body is found in Ongtong Java, one of the Solomon Islands,¹ where one may see big patterns of fish tattooed.¹ It is said that in Yap the practice is allowed to free men exclusively, to slaves it is prohibited. From this it will be seen that tattooing means not only personal adornment, but also serves as a symbol of class distinction. Besides the prohibition of tattooing, the restrictions on slaves extend to other adornments of the body, as well as to details of everyday life.

Tattooing is also in vogue among women, but the regions tattooed are restricted as compared with men. They are tattooed mostly on the inner and outer surfaces of the lower limbs and on the back of the hands from the wrist to the finger-tips. The patterns favoured by women in Yap are rather simple, such as a shark design, the fish lying side by side, and are quite different from, and by far neater, than those of the natives of the East Carolines, especially of the women of Ponapé. Why is the pattern of sharks favoured? On this question Furness writes: "The *Ngol* or representations of sharks, some say, are to protect the wearers from attacks from these fish while swimming in the lagoon, but others maintain that these patterns are chosen solely because the shark is the king of fish, and fish are such important items of the food supply of the island."² If the protection of the body is the object of tattooing, as represented by the former of these two opinions, it may be regarded as a sort of charm.

¹ R. Parkinson, "Zur Ethnographie der Ongtong Java und Tasman Inseln," Intern. Archiv f. Ethnogr., X, 1897, Taf. IX.

² W. H. Furness, "The Island of Stone Money," p. 160.

The pattern of sharks lying side by side is found not only in Yap but also in the Solomon Islands. According to R. Parkinson¹ and C. M. Woodford,² the women in Ongtong Java (otherwise called Lord Howe's Group, where the natives are of the Polynesian race with a mixture of Melanesian blood), one of the Solomon Islands, tattoo this pattern on the breast and arms. Again, Woodford³ states that in another of the islands, Sikaiana (otherwise called Stewart's Island), the same pattern is found on the upper and lower limbs. The same author further remarks that the pattern of sharks on the chest and thighs is met with among the natives, both male and female, of Rennell Island, another of the Solomon group (Polynesian race).⁴ The meaning of these patterns, however, is not definitely known. Though this comes under cicatrization, according to B. T. Somerville,⁵ the natives of New Georgia, also one of the Solomon Islands, cut a pattern of porpoises on their thighs and that of frigate birds on their shoulders. He observes on this custom: "I have thought it may have some reference to the desire to have the porpoise's strength and endurance in the legs for swimming, and that of the frigate birds for the arms." If this custom in New Georgia comes from such a superstition, it resembles in origin the practice in Yap, but it should be carefully noted that the patterns of animal forms employed have often connections with totems. Take, for instance, the natives of Torres Straits described by Haddon.⁶ The inhabitants, who do not tattoo, employ

¹ R. Parkinson, "Zur Ethnographie der Ongtong Java und Tasman Inseln," Intern. Archiv f. Ethnog., X, 1897, p. 140; Taf. VIII.

² C. M. Woodford, "Note on Tatu-patterns employed in Lord Howe's Island," *Man*, I, 1901, 31.

³ C. M. Woodford, "Some account of Sikaiana or Stewart's Island in the British Solomon Islands Protectorate," *Man*, VI, 1906, 103.

⁴ C. M. Woodford, "Notes on Rennell Island," *Man*, VII, 1907, 24.

⁵ B. T. Somerville, "Ethnographical Notes in New Georgia, Solomon Islands," *Jour. Anthr. Inst.*, XXVI, 1897, p. 365.

⁶ A. C. Haddon, "The Ethnography of the Western Tribes of Torres Straits," *Jour. Anthr. Inst.*, XIX, 1890, pp. 366-368, 392, 393; Pl. VII.

the totems of their respective clans as patterns in cicatrization. The totems here are snakes, dugong, sharks, string-rays, etc., the patterns of which are cicatrized on the shoulders in the case of men, and on the waists in the case of women. In some instances, it does not seem that they are entirely ornamental. At any rate, it is difficult to assign a settled meaning to this custom.

The origin of the tattooing in Yap is mentioned by Furness who bases his account on a native's story, as follows: "The fashion was introduced from the island Mukamuk,¹ lying about seventy miles to the northward of Uap. Men from this island once long ago drifted down to Uap and taught both the men and women how to tattoo. In those early days only the warriors were allowed to ornament their legs with the pattern known as 'Thilibetrak,' but since serious battles have ceased between the people of neighbouring districts, the restriction has been ignored"² From the ethnographical point of view, Mukamuk has important relations with Yap, whose natives are said to visit Mukamuk to have themselves tattooed. Besides, waist-cloths of banana fibre used by the islanders of Yap are imported from the island. In short, the natives of Yap adopt to a large extent the custom of Mukamuk.



Fig. 38.—Tattooing needle, Yap.

The needles employed in tattooing are made of the bones of water fowls or fish, and the pigment used is furnished by the soot obtained by burning coconut-oil. The needle we brought back with us seems to have been made of a bone of the water fowl. It is

¹ Mokomok or Arrowroot Island.

² W. H. Furness, "The Island of Stone Money," p. 159.

some 17 mm. long and has four points, of which the two in the middle are somewhat longer than the others. A handle some 10 cm. in length is set at right angle to the needle, through a hole made in the latter. According to R. Parkinson,¹ the natives of Ongtong Java, one of the Solomon Islands, also obtain their needles with two to four points from bones of water fowls.

According to Captain Wilson in former times the natives of Palau were also tattooed on their bodies from the middle of the thigh to the ankles.² At present, however, this custom seems falling into desuetude in the island, for in many cases the men tattoo only their names in Roman letters or flags and fish, on their forearms. In Palau where women have more extensive and elaborate patterns than men, the former still practise tattooing more or less profusely, enabling us to trace the custom in use in former times. In Palau women are tattooed, though sparingly, on the four limbs, during girlhood. As they grow up, however, the backs of their hands and forearms are tattooed, while tattoo marks in dark dots or zigzags on the inner and outer surfaces of the lower limbs begin to increase. But the designs often lack in symmetry, the patterns right and left not always showing agreement. A. C. Haddon, while describing the tattooing among the Motu tribe of British New Guinea, says in part: "The tattooer, who is a woman, draws the details without previously having sketched in the whole design; this produces great variation, and often, an asymmetrical design."³ To this circumstance is due perhaps the lack of symmetry above referred to. When girls grow up, they have their genitals and the adjacent regions tattooed in a triangular

¹ R. Parkinson, "Zur Ethnographie der Ongtong Java und Tasman Inseln," Intern. Archiv f. Ethnog., X, 1897, p. 140.

² G. Keate, "The Pelew Islands," p. 27.

³ A. C. Haddon, "The Decorative Art of British New Guinea," p. 178.

design. Before they undergo the operation they have the pubes removed—a fact which accounts for the lack of the pubic hair on native women. We are told that a similar custom also prevails

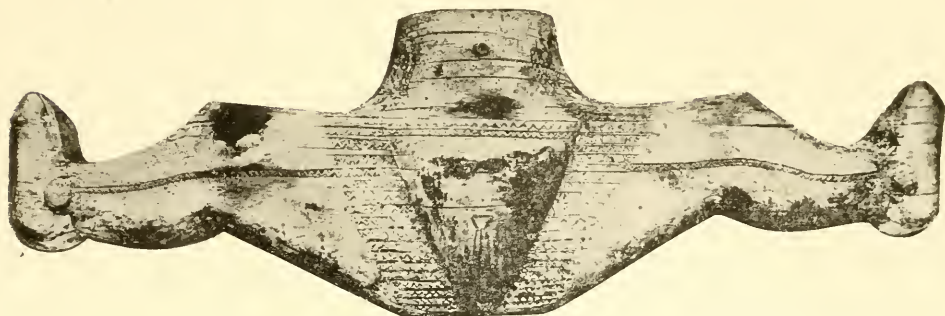


Fig. 39.—Lower part of female figure carved on the gable of the young men's club-house, Koror, Palau.

among the women of Yap. The manner of tattooing among the women of Palau may be seen from a female figure with open legs sculptured on the gable of a club-house for young men in the islands (Fig. 39 and Pl. XXXI, fig. 2).

With regard to the tattooing around the genitals among women in Palau, N. von Miklucho-Maclay writes as follows: "Die Mons Veneris wird erst nach dem Auftreten der Menstruation vorgenommen. Auch die vorderen äusseren Teile der grossen Schamlippen erscheinen tattuiert. Das Tattuiere dieser Teile ist auch der Grund, weshalb die Haare an den Genitalien bei Frauen ausgerupft werden. Die Tattuirung des Mons Veneris, obwohl sehr schmerzhaft, wird, wie man mir sagte, an einem Nachmittage vollendet."¹ As this quotation shows, Miklucho-Maclay thinks that the tattooing on girls is undertaken after the first appearance of menstruation. So far as I know, however, girls, though they already had reached

¹ N. von Miklucho-Maclay, "Anthropologische Notizen, gesammelt auf einer Reise in West Mikronesien und Nord-Melanesien in Jahre 1876," Verh. d. Berlin. Gesell. f. Anthr., 1878, p. 107; Taf. XI.

puberty, had no such tattooings. This may imply that the old custom is disappearing; but considering the presence of girls about the age of eighteen or so, who are tattooed on their genitals, it may be supposed that the operation takes place, as a rule, long after the first appearance of menstruation.

We are told, as mentioned elsewhere, that the tattooing around the genitals is also practised among the native women of Truk, though I had no opportunity to ascertain the fact. However, a picture of the female organ drawn for the writer by a native of Toloas, an islet belonging to Truk, had a triangle drawn around the genitals and the space enclosed by the triangle was painted black, suggesting tattooings there among the women of Palau. This custom prevails in Ponapé also. According to Otto Finsch,¹ who gives a detailed description of it, the patterns employed among the natives of Ponapé consist of parallel lines and are far more complicated than those found in Palau. The patterns encircle the body like a girdle, a pentagon tattooed on the abdomen, the genitals included, forming its centre.

According to J. S. Kubary, a similar practice is in evidence among the women of Sonsol, one of the West Caroline Islands, who tattoo a thick line above the mons veneris.² This fact is also mentioned by the same author, who further says that the women of Nukuoro, an island to the south-west of Ponapé, have a triangle and parallel lines tattooed on the mons veneris.³

Beyond the Caroline groups, a similar custom may be noticed among the natives of British New Guinea. It is found, according

¹ O. Finsch, "Ueber die Bewohner von Ponapé," *Zeitschr. für Ethn.*, XII, 1880, pp. 311, 312; Figs. 7 and 8.

² J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," p. 90; Taf. XI.

³ J. S. Kubary, quoted by H. Ploss and Max Bartels, "Das Weib in der Natur- und Völkerkunde," Leipzig, 1913, Bd. I, p. 307.

to C. G. Seligmann, among the Koita tribe. He says: "At the age of six or seven, the region around the vulva and upwards over the lower abdomen as far as the navel is tattooed; this region is known in tattooing as *kiudori* (vulva top). Next follows the region *kiubadi* (vulva trunk or base), that is the upper part of the front, and inner surface of the thighs."¹ According to Otto Finsch, this custom prevails also among the Motu tribe, where the girls are tattooed at the age of puberty. "It appears," he says, "that the tattooing of the vulva occurs last of all, when the girl has arrived at a marriageable age, which is about 15 to 17 years of age."² In Rigo District, the tattooing on the vulva is a necessary qualification for a wife. In connection with this custom A. C. English observes that "one pattern is tatued on either side of the vulva, and until this design is tatued on the girl she is of no value as a wife."³ From R. Parkinson's paper⁴ it appears that the women of Ongtong Java, one of the Solomon Islands, have a custom of tattooing the vulva and the adjacent regions. It is not expressly mentioned by him, but a plate inserted shows it unmistakably. As already noted, the natives of the island, both male and female, have the body covered with extensive tattoo marks.

Women are more profusely tattooed than men in Palau, a fact also to be noticed among the natives of New Guinea. The inhabitants of the two islands agree in having the vulva or its adjacent regions tattooed.

In Palau the operation on women is invariably done by women,

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," p. 74; Pl. X.

² O. Finsch, quoted by A. C. Haddon, "The Decorative Art of British New Guinea," p. 175.

³ A. C. English, "Annual Report of British New Guinea, 1894," quoted by A. C. Haddon, "Tatuing at Hula, British New Guinea," *Man*, V, 1905, 53.

⁴ R. Parkinson, "Zur Ethnographie der Ongtong Java und Tasman Inseln," *Intern. f. Ethnog.*, X, 1897, Taf. VIII.

and the fee for tattooing on both arms is said to be worth several shillings. Likewise, the operators in Ongtong Java are women whose business is said to be hereditary.¹ In British New Guinea too, there are old women skilled in the art.²

4. **Nose-deforming.**—N. von Miklucho-Maclay writes that among the natives of Yap a custom prevails of deforming their noses. To quote this writer, “an Neugeborenen wird während der ersten Monate das Zerquetschen der Nase vorgenommen, was mit einer über dem Feuer gewärmten Hand von der Mutter oder von irgend einem anderen Weibe gemacht wird.”³ Inquiring of the natives about it, I found that they knew nothing about the custom. Probably the custom is a local one, or it may have since disappeared, for Miklucho-Maclay visited Yap some forty years ago. Again, he says (p. 107 and Pl. XI) that the islanders of Palau have longitudinal wrinkles produced on their noses, though the custom of nose-deforming does not exist among them. At any rate, the practice of deforming the nose is met with among the natives of Tahiti.

5. **Beard-plucking.**—According to Captain Wilson, “they in general plucked out their beard by the root; a very few only, who had strong thick beards, cherished them and let them grow.”⁴ As may be seen from our plates, however, the men in Palau above 45 years of age wear beards, and, for instance, Aybathul, “king” of the islands, has a beautiful grey beard (Pl. XXV).

¹ R. Parkinson, “Zur Ethnographie der Ongtong Java und Tasman Inseln,” *Intern. f. Ethnogr.*, X, 1897, p. 140.

² C. G. Seligmann, “The Melanesians of British New Guinea,” p. 265. A. C. Haddon, “The Decorative Art of British New Guinea,” p. 178. W. Y. Turner, “The Ethnology of the Motu,” *Jour. Anthr. Inst.*, VII, 1878, p. 481. A. C. English, “Annual Report of British New Guinea, 1894,” quoted by Haddon, “Tatuings at Hula, British New Guinea,” *Man*, V, 1905, 53.

³ N. von Miklucho-Maclay, “Anthr. Notizen, gesammelt auf einer Reise in West-Mikronesien und Nord-Melanesien in Jahre 1876,” *Verh. d. Berlin. Gesell. f. Anthr.*, 1878, p. 105.

⁴ G. Keate, “The Pelew Islands,” p. 27.

II. ADORNMENT WITH OBJECTS ATTACHED TO THE BODY.

In the West Caroline Islands, as in the East Caroline group, the adornment of the body by partial mutilation and with objects attached consists of two kinds, namely the ear and nose ornaments.

1. **Ear Ornaments.**—The natives of Yap and Palau wear ear-ornaments, though in these islands we find no such large holes bored in their ear-lobes as are often met with among the Truk Islanders. In Yap the natives of both sexes have small holes pierced in their ear-lobes while quite young. In these holes the men wear strings of beads, to which pendants made of sea-shell or tortoise-shell are attached. The pendants consisting of pink-coloured shells, and triangular in shape, are the most highly valued. Only well-to-do natives, it is said, can purchase them on account of the price, for shells of that colour are rarely found in Yap. We failed to bring back a few of these ornaments with us; however, the late Dr. U. Taguchi and others collected such specimens during their voyage to the South Seas in 1890, these are now preserved in the Anthropological Institute of the Imperial University of Tokyo. The women in Yap are fond of inserting flowers or leaves in the holes bored in their ear-lobes, a custom affected by some of the males too. The natives of Palau also wear flowers or leaves as ear-ornaments; but so far as my observation goes, none of the inhabitants of the islands wear large shell-rings.

The custom of wearing flowers in the ears prevails also in New Guinea, where the Motu tribe are said to insert fragrant or glossy leaves in the holes pierced in their ears.¹

According to Captain Wilson, women of good position in Palau used as ear-ornaments pieces of tortoise-shell, some 13 cm. long

¹ W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," Jour. Anthr. Inst., VII, 1878, p. 478.

and inlaid with sea-shells; while men, who had their left ears bored, adorned it with jewels.¹ It is not certain whether this may still be met with in Palau; but it may be said that on the whole among the natives of the West Caroline group the custom of adorning the ears is not so prevalent.

2. **Nose Ornaments.**—We learn from Captain Wilson that about the time of his visit to Palau the islanders, both men and women, had the nasal septum pierced. "The cartilage between the nostrils was also bored, in both sexes, through which they frequently put a little sprig or blossom of some plant or shrub that accidentally caught their fancy. Perhaps it is owing to the desire of having the scent of flowers, without the inconvenience of holding them."² Miklucho-Maclay also mentions the natives of Palau having their noses pierced.³ We had no opportunity to ascertain whether this custom still survives in the islands; but supposing the practice has the object indicated in the above quotation, it may rather be regarded a matter of the sense of odour, though it undoubtedly serves the purpose of ornamentation as well.

In Yap, the septum of the nose is bored, in both sexes, by means of needles from orange trees. But here the material inserted is a short piece of the leafstalk of the coconut tree, which is not at all fragrant. In answer to our inquiries as to the object of the practice, the natives declare that, unless they have their noses pierced, they cannot enter paradise when they die. The connection between the piercing of the nose and the ascension of the soul seems to defy any attempt at explanation; nevertheless the

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," pp. 313, 319; Pl. III.

² G. Keate, *ibid.*, p. 319 and footnote.

³ N. von Miklucho-Maclay, "Anthr. Notizen, gesammelt auf einer Reise in West-Mikronesien und Nord-Melanesien in Jahre 1876," *Verh. d. Berlin. Gesell. f. Anthr.*, 1878, p. 107.

same superstition is found in New Guinea, where among the Motu tribe, says J. Chalmers, "any one dying with unpierced nose goes in the other state to Tageani, a bad place, where there is little food and no betel-nuts. Children are well grown, about six years old, before the nose is pierced, and any dying before that age will have his nose pierced after death by his parents. All pierced noses go to Raka, the place of plenty."¹

Van der Sande, too, observes a similar custom existing among the natives on Geelvink Bay, Dutch New Guinea. He says: "Missionaries in Geelvink Bay heard that Papuans whose nose and ears are not pierced, cannot enter into their heaven. Therefore, sometimes, always in early youth, the septum of the children is pierced."² Though the origin or meaning of this custom is difficult to ascertain, yet the prevalence of the same superstition among those tribes may possibly be taken as indicating their racial connections.

III. ADORNMENT WITH OBJECTS FIXED TO THE BODY WITHOUT MUTILATING.

In the following pages, I shall deal with the head-dress, neck-lace and other ornaments which are attached to the body without involving the mutilation of the body itself.

1. **Hair-dressing and Head Ornaments.**—Men of Yap and Palau, unlike the inhabitants of the East Carolines who often wear their hair short, let it grow long, though some take the trouble to bind it on the back of the head in a most simple fashion. In this connection, it should be noted that some of the islanders of Yap and Palau have frizzy hair unlike the natives of the East Carolines,

¹ J. Chalmers, "Pioneering in New Guinea," London, 1887, p. 168.

² G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea. III. Ethnogr. and Anthr.," p. 75.

so it is easy to distinguish them from the inhabitants of Truk and Ponapé, etc. (Pls. XX, XXV).

Women in Yap and Palau dress their hair by rolling it up as in the East Caroline Islands. In Yap they part their hair in the middle and gather it up on the lower part of the back of the head ; while in Palau they bind their hair, which is grown long, on the upper part of the occiput without dividing it (Pls. XXI, XXVI).

In the West Caroline group, the men wear a large comb as in Truk. The combs used in the former show a more or less large difference in their shape and make, as compared with those employed in Truk. There is even a difference in this respect between the articles found in Palau and Yap, both of the West Caroline group. The comb used by the men in Yap consists of more than ten strips of aerial roots (?), cut slender and flat, of a variety of the mangrove. These strips are drawn together in two or three places at the part forming the handle ; and this by means of wooden nails (Fig. 40, *e* and *f*), or by lashings of coconut or other fibres (Fig. 40, *a-d*), which is for the double purpose of ornament and practical use. In Yap the comb bound by lashings is most common. The strips are thickest at the part drawn together and thinner toward the upper end. The teeth spread outward, so that the whole thing resembles the shape of a fan. On the structure of the comb W. H. Furness says : " It is made merely of fifteen or twenty narrow strips of bamboo, about eight inches long, sharpened at one end, with shorter, slightly wedge-shaped pieces inserted between each strip four or five inches from the sharpened ends, whereby the teeth of the comb are kept apart ; the upper ends are now bound together with ornamental lashings of coconut fibre."¹ But of the eleven combs we collected in Yap, none is

¹ W. H. Furness, " The Island of Stone Money," p. 57.

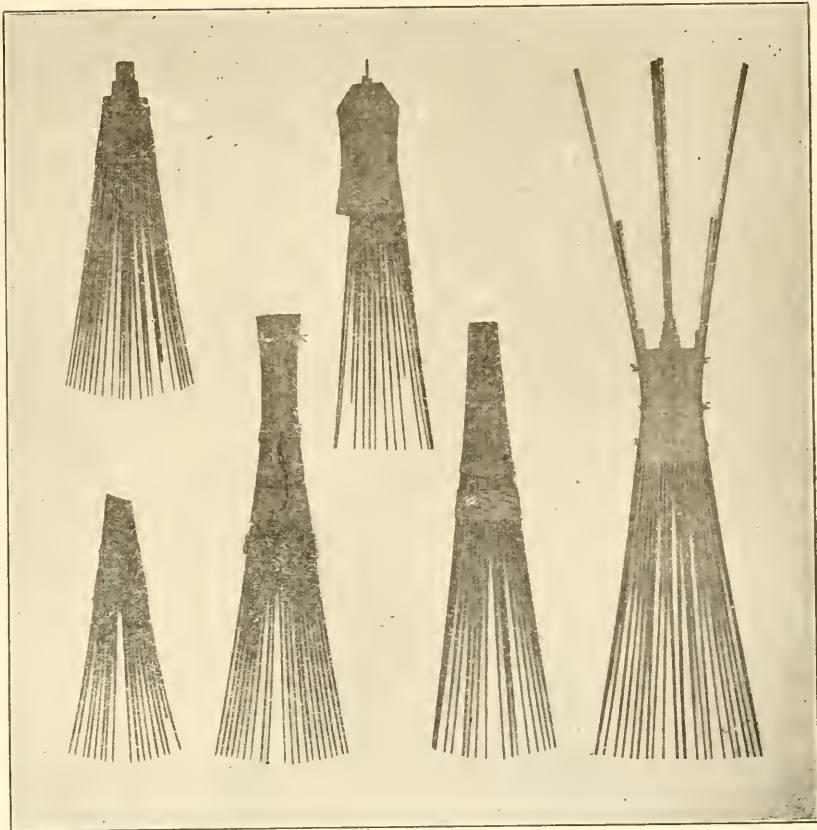


Fig. 40.—Combs from Yap.

made of bamboo nor is any of them made in such a fashion as described by Furness. The same may be said of the combs found in Palau and Truk.

The combs we brought back with us from Yap were from 155 to 330 mm. in length, but some of them which have a long handle for ornamentation were even 405 mm. in length. The greatest breadth of combs measured from 64 to 80 mm. and the number of teeth varied from 16 to 22, but those with 16 or 20 teeth were most frequent. While the combs found in Truk have only seven or eight teeth, those employed among the natives of Yap have more than double the number and yet the size of the

combs is comparatively small, since the teeth are set more closely. Moreover, the combs in Yap appear quite nice and flexible compared with those found in Truk, which is probably owing to the difference in the materials used. Sometimes the natives have ornamental combs with feathers attached to the handle.

Class system is strictly enforced in Yap, where even the wearing of ornaments is not permitted to everybody. There are consequently restrictions on the use of combs, free men alone are entitled to wear them, slaves being forbidden to use them or other ornaments under pains of heavy punishment. The size of the comb differs, it is said, according to the social standing of the wearer; so that it will be seen that combs are worn in Yap not only for practical use and ornament but also as a mark of class distinction, which as has already been stated is often the case with tattooing.

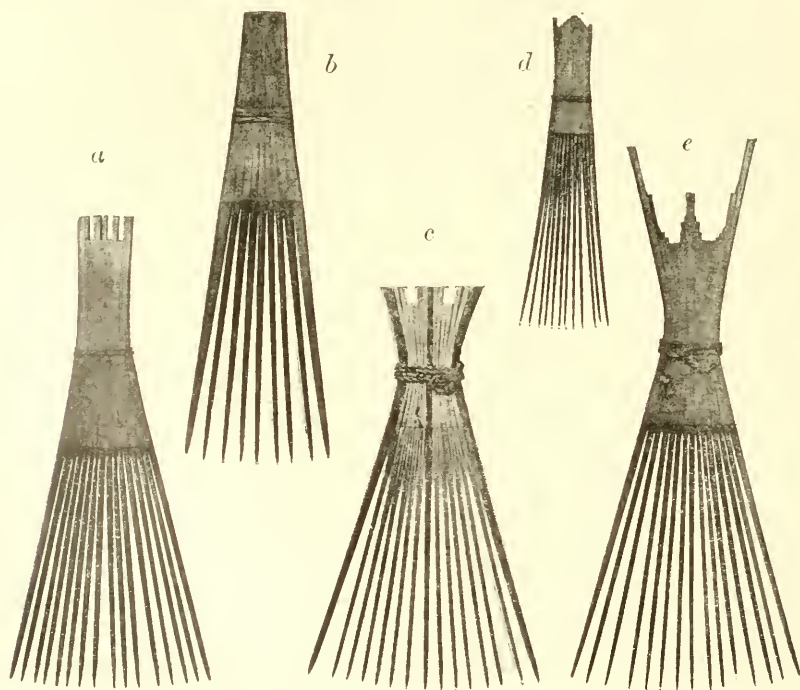


Fig. 41.—Combs from Palau.

Formerly combs of tortoise-shell¹ were in use in Palau, but they have now almost disappeared, being replaced by wooden ones. The comb, which is made of more than ten wooden sprigs held together by wooden nails, more or less closely resembles the kind (First class, A) used in Truk. The former, however, in comparison with the latter, is of a larger size and stronger make, with thicker teeth which are also more in number. The lashings on the handle are also thicker, and the whole comb compares but poorly in appearance with those of Truk and Yap. It differs greatly from the combs in Truk in that the end of its handle sometimes expands outward (Fig. 41).

The combs we collected in Palau varied from 190 to 330 mm. in length; while the greatest breadth of combs was from 54 to 138 mm., the number of the teeth being 9 in one, 12 in a second, 15 in a third and 16 in a fourth. As in Truk, the wearers of combs here are also grown-up men.

The comb of the Palau Islanders, which is of the Yap type, is called "lausekamm" by Kubary;² but this is for practical use only and not for ornamentation. According to Van der Sande, some tribes of Dutch New Guinea wear a small round stick made of palm wood in the hair, for scratching. On Masi-Masi such sticks made of the nerve of a sago leaf are said to be used in killing vermin.³ The "lausekamm" in Palau is employed for much the same purpose.

The use of the comb in the South Sea Islands and the comparison of those in Yap and the Fiji Islands, have already been given in Part I.

¹ J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," p. 192; Taf. XXIII, fig. 16.

² J. S. Kubary, *ibid.*, p. 195; Taf. XXIV, fig. 1.

³ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 65, 66; Pl. VII.

Some natives of Yap wear a hat made of pandanus leaves like the inhabitants of the East Carolines.

2. **Necklaces.**—Among the natives of Yap necklaces are usually made of disc-like rings obtained from coconut shell, which are strung together with white shell rings of the same shape. Necklaces made of shells of light pink are much prized, as are ear-pendants of the same material and colour. During our voyage we were unable to secure any specimens of such necklaces. W. H. Furness writes as follows: "In each shell of superior quality there is of the pink or red portion only enough to make one good bead about an inch and a half long by half an inch wide and an eighth of an inch thick; such a bead is usually strung in the middle of the necklace among others graded off from it in size, on both sides, merging into oblong pieces about half an inch long, of the same breadth and thickness as the bead in the centre; then finally follow discs about one sixteenth of an inch thick."¹

The women in Yap wear a cord made of the inner bark of the hibiscus tree, dyed black and one metre in length. It is knotted in the middle portion and at the ends. Then it is split into two and hung on the neck with the ends falling on the breast and the back (Pl. XXI). According to Furness, "this cord must be always worn by a woman, young or old, when she is away from her home; to be seen in the open air without it would be as immodest and disgraceful as to appear without any clothes at all."² A girl is said to wear it at the first appearance of menstruation, so there is no doubt that it is not only for ornamentation but also for showing that the wearer has attained a marriageable age. The cord, simple as it is, is always worn by women,

¹ W. H. Furness, "The Island of Stone Money," p. 63; Pl. facing p. 64.

² W. H. Furness, *ibid.*, pp. 123, 124.

who are never seen without it in public. After such a custom is once established, even simple cords as those above mentioned, growing in volume, become transformed into wrapper-like coats as worn by the natives of Truk, finally developing into a perfect garment.

We failed to see men of Palau wearing the necklace. Neither does it appear that they wore it when Captain Wilson visited the islands, for he mentions nothing about the custom. There is, however, a custom among the women of wearing simple necklaces which consist of a single piece of native money or sometimes two or three small ones strung on a cord. As will be mentioned under the heading of money, the natives of Palau have money which is called *audouth* by them. The pieces of various value are not uniform in size and material. However, the necklace of *audouth* mentioned above is worn almost exclusively by the women of chiefs or other rich families. It is remarkable that among uncivilized peoples who take delight in complicate and gorgeous ornaments, the women of Palau constitute in respect of their necklace an exception by their simplicity. For particulars the reader is referred to the section on money (Pl. XXVI).

3. **Loin-cloth and Petticoat.**—The natives of the West Caroline group wear no clothes, except the loin-cloth for men and rough petticoats for women. The loin-cloth for the men of Palau consists of a long, narrow piece of cotton fabric, and resembles the one worn by the Japanese, one end of the piece hanging on the buttocks (Pl. XXV). In Yap, the men wear round the waist a piece of so called banana cloth imported from Mukamuk, north of Yap. Besides this, long pieces of the inner bark of the hibiscus are also worn by men above age. The girdle, which is often dyed red, has one end usually on the right side of the abdomen,

while the other end is passed through between the thighs and hangs in front (Pl. XX, fig. 2). The banana cloth mentioned above is some 1·35 m. long and 34 cm. broad, and has on both sides or ends longitudinal black stripes or other patterns woven with hibiscus fibres. As for the waist-cloth, the islanders now generally wear a piece of imported cotton or woollen cloth, which is fast superseding the banana cloth.

The women of Palau and Yap wear petticoats, but the materials used and the make are different according to the two islands. In Palau, the petticoat for both young and old women consists of two pieces, which reach to the knees and the upper parts of which are tied round the waist below the navel, by means of a belt with two cords, with coconut or tortoise-shell rings strung on them, or by means of cotton strings (Pl. XXVI and Fig. 42). Captain Wilson tells that he was given a belt with a string of many beads obtained from a coarse sort of cornelian.¹ These belts, he says, are worn by women of good position; but whether this is still the case or not, we had no opportunity of ascertaining—we saw no women wearing such strings. A bag

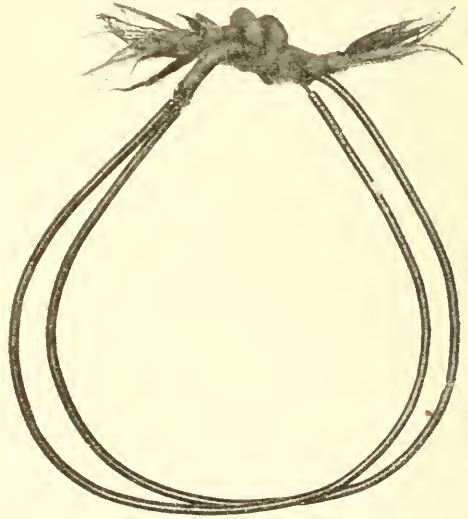


Fig. 42.—Girdle with strings of coconut rings, worn by women, Palau.

plaited of pandanus leaves or coco-tree leaves is inserted under the front piece of the petticoat. It is 20 cm. wide, 23 cm. deep, and is used for carrying tobacco and other things (Fig. 43). The bag

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," p. 318; Pl. VI, fig. 1.

serves the purpose of a portable pocket, for the lack of proper garments renders it difficult to carry things (Pl. XXVI, fig. 2).



Fig. 43.—Bag carried by women, Palau.

The petticoats are made of stems of the *Eleocharis plantaginea* which are torn into thread-like pieces with a knife obtained from a pearl-shell (Fig. 44). To these pieces the inner bark of the hibiscus, forming tassels, is added for ornamentation. They are dyed red, black, yellow, blue or otherwise. The front and back pieces of petticoats are the same in form; but the upper part of the latter piece has two knots made of the hibiscus fibre, one at each corner, for the support of the belt holding the petticoat. The front and back pieces are each 35 cm. wide, but not broad enough to cover the lateral sides of the thighs. The specimen¹ brought back by Captain Wilson was made of fibres of coconut husk, a material not in common use now. We are not sure whether the use of this material is still found among the natives of Palau.

In Palau, girls over sixteen or seventeen years of age wear a belt plaited of pandanus leaves and red or black woollen yarns or cotton cord, while a black necklace is worn by the women of Yap, as already stated (Pl. XXVI). The two things may have one and the same meaning.

The petticoats above described are made by women, and it seems that there are some who make their living by it. In Koror, we saw a woman engaged in this work indoors, while a number of half-finished petticoats were being dried in the sun.



Fig. 44.—Shell knife, Palau.

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," p. 318; Pl. V, fig. 4.

The petticoats worn by the women of Yap are different from those found in Palau; since the former consist of one piece broad enough to wholly cover the waist, whereas the latter are made of two different pieces. The petticoats in Yap usually reach to the calves of the wearer. They consist of young leaves of coconut palm torn to pieces, with the inner bark of the hibiscus dyed red or yellow added on the outer surface. The petticoats render the waist to appear swollen; but they are certainly convenient to a child at the wearer's breast, for it can rest its feet on their upper ends. It is easy to distinguish girls from boys in Yap, since the former also wear petticoats (Pl. XXI).

The custom of wearing petticoats prevails also in the East Caroline group and the Marshall Islands, but it is generally limited to men, as already mentioned in Part I. In Melanesia, however, the custom is found almost exclusively among women. The petticoats of two pieces just described are used in British New Guinea and elsewhere. Those worn by the women in the Admiralty Islands closely resemble the petticoats in Palau. According to H. N. Moseley, "the women (in the Admiralty Islands) wear two bunches of a grass, or perhaps prepared from pandanus leaves, which are fastened by a belt round the waist, and hang one in front, the other behind, the hinder being the longest."¹ In Tanna, one of the New Hebrides, girls wear petticoats consisting of two pieces; but as they grow up they use large petticoats such as those worn by their elders.² This is the difference according to the age of the wearer, but among some tribes there are also other differences in the form of the petticoats, from various considerations,

¹ H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands," *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, p. 399.

² Wm. Gray, "Some notes on the Tannese," *Intern. Archiv f. Ethnog.*, VIII, 1894, p. 229.

just as those observed among civilized peoples. The Mekeo tribe in British New Guinea is a case in point.¹

4. **Rain Caps.**—The natives of Palau use a rain-cap which is made of two pieces of the bark of betel-nut palms (?) stitched together on two edges. It is 68 cm. long and 33 cm. broad. It is only large enough to cover the head and shoulders. This rain-cap is also used as a sort of basket, more by women than by men (Pl. XXX, fig. 1).

We are told that this kind of rain-cap is also used by the islanders of Yap. A similar rain-cap is met with in Matty Island off the northern coast of German New Guinea.² Here the natives, it is said, employ it as shelter from the sun as well as from rain. Besides, a recent exploration in the interior of Dutch New Guinea shows that a similar custom is also found among the natives of Pësëgëm.³

5. **Bracelets.**—In the West Caroline group, the custom of wearing bracelets still prevails extensively among both sexes. There are roughly three kinds of bracelets, that is: one made of shell, another of coconut shell, and the third of tortoise-shell. In Palau, shell bracelets are chiefly worn, though tortoise-shell ones are also

¹ Among the Mekeo people of British New Guinea, there are four forms of petticoats, namely: (1) A plain uncoloured petticoat, made out of wild grass, and worn for working in the gardens, fishing, etc. (2) A petticoat made out of either sago leaves or the fibre of certain forms of banana, or a broad-leaved plant. This is used in ordinary daily life; its material is usually stained black. (3) An ornamental petticoat, made out of sago leaves, and coloured red and yellow in perpendicular bands. This petticoat, which is longer and more thickly made than the others, is worn over the second at dances. (4) A petticoat worn as mourning. This garment, especially the form worn by a widow, is very short, and, instead of passing all round the waist, it only hangs in front and behind, leaving the hips and thighs bare on both sides. It is stained black. See R. W. Williamson, "Some unrecorded customs of the Mekeo People of British New Guinea," *Jour. Anthr. Inst.*, XLIII, 1913, p. 268.

² A. B. Meyer and R. Parkinson, "Album von Papua-Typen II," p. 15; Taf. 52.

³ J. W. van Nieuhuys, "Der Bergstamm Pësëgëm im Innern von Niederländisch-Neuguinea," *Nova Guinea—1907 et 1909*, Vol. VII. *Ethnographie*, 1913, pp. 14, 27; Fig. 9 and Taf. I, fig. 13.

found. In Yap, bracelets made of various materials are used ; it seems, however, that the men prefer those of tortoise-shell. Both in Palau and Yap, bracelets are worn on the left forearm, most of the natives wearing several (Pl. XX ; Pl. XXI, fig. 1). They are invariably worn on the left arm, not on the right, probably for convenience' sake. This may also be observed in Dutch New Guinea and elsewhere.¹

The shell bracelets used by the natives are well polished rings obtained by cutting crosswise a certain part of the *Trochus niloticus*, showing fine workmanship (Fig. 45). Bracelets made of a certain shell are employed in New Guinea and other Melanesian regions also. They are much prized among the natives of these islands, sometimes so much so that they pass as currency or are even used in buying a wife.² There are two different forms of bracelets obtained from coconut shell. One is a ring like that formed by cutting a bamboo tube crosswise, and has parallel lines carved on the surface as ornament (Fig. 46). The other consists of a slice as if obtained from the section of a ball, and has no ornament. The inner diameter of both measured from 52 to 53 mm. The tortoise-shell bracelet is of the same make and form as that worn in Truk.

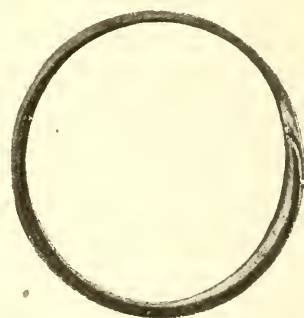


Fig. 45.—Shell bracelet, Yap.

The natives of Tanna, one of the New Hebrides, wear bracelets of coconut shell, from two to six in number, above their elbow,

¹ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," p. 103.

² W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," Jour. Anthr. Inst., VII, 1878, p. 479. A. C. Haddon, "The Ethnography of the Western Tribes of Torres Straits," Jour. Anthr. Inst., XIX, 1890, p. 339. H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc." Jour. Anthr. Inst., VI, 1877, p. 470. B. T. Somerville, "Ethnog. Notes in New Georgia, Solomon Islands," Jour. Anthr. Inst., XXVI, 1897, p. 364.

and they often have a spear-thrower or sling hanging from these bracelets.¹

As already noted, nearly all the bracelets found in Palau are of shell rings. There are, however, some natives who wear a series of flat rings of tortoise shell, which are strung on threads through three holes in each of them, the bracelet thus made being cylindrical in



Fig. 46.— Bracelet made of coconut shell, Yap.

form. Some of these bracelets are said to consist of no less than sixty-four rings totalling 17 cm. in length.² Both shell bracelets and tortoise-shell ones, are worn by women only.

Though the men of Palau do not usually wear bracelets, some of them have armlets, which are made of the atlas of the dugong (*Halicore dugong*). These armlets, which are called the "Order of the Bone"³ by Captain Wilson, serve as a symbol of rank, for they are worn by chiefs and other men of influence. There may, of course, be more beautiful materials, but the bone of the dugong became valuable, probably because it is difficult to secure it. It may be supposed that, at first, the "Order of the Bone" was conferred on a brave man who caught a dugong. In putting on the armlet, sometimes the hands or fingers are hurt (Pl. XXV).

Captain Wilson, who was the recipient of a warm reception at the hands of the natives while he was in Palau, was nominated a chief of the first rank on his departure. As a testimony of the nomination, the Captain was granted the "Order of the Bone,"

¹ G. Turner, "Samoa," p. 311.

² J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," p. 184 Taf. XXII, fig. 14.

³ We find an account of the armlet of the dugong at page 247 of Ratzel's "The History of Mankind," Vol. I, with the explanation "Semper calls it the Order of the Bone." This appellation, however, was already used by Captain Wilson, 139 years ago (cf. G. Keate, "The Pelew Islands," p. 296).

which the king put on his left arm in person with solemn ceremonies and with the following words: "The Bone should be rubbed bright every day, and preserved as a testimony of the rank he held amongst them; this mark of dignity must, on every occasion, be defended valiantly, nor suffered to be torn from his arm but with the loss of life."¹ It may be seen from this quotation how much the bone is honoured among the natives. It may well be called the "Order of the Bone," since the power rests with the king to give or deprive of it.² Of this bracelet Kubary³ also gives a detailed account, which may be consulted with advantage. According to Schmeltz, some tribes of Dutch New Guinea wear a wooden bracelet carved in the shape of a neck vertebra of the dugong. He thinks that the object of such bracelets was to prevent abrasion by the bow-strings.⁴ Whatever the object may be, the custom seems to indicate that in Dutch New Guinea, too, the natives once wore the real bone of the dugong.

There are a very small number of natives, both men and women, who wear bracelets on the right arm instead of the left, and this probably because they are left-handed or are suffering from some disease of the arm.

6. **Finger-rings.**—Some natives in the West Caroline group wear rings on their fingers, like the inhabitants of the East Carolines. There are two kinds of rings, one made of tortoise-shell the other of coconut shell. Though the former is, of course, the better of the two, it is rather common, being found in other islands too. The latter, however, seems to be widely worn in Yap.

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," pp. 231-236.

² K. Semper, "Die Palau-Inseln in Stillen Ocean," Leipzig, 1873, p. 114.

³ J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," pp. 175-184.

⁴ J. D. E. Schmeltz, quoted by Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnogr. and Anthr.," p. 103.

7. **Anklets.**—The anklet is not so common as the bracelet. In Yap, we sometimes find men with pieces of cloth or cords of coconut fibre wound round their ankles, as if they had had wounds dressed. An anklet of this kind, which certainly makes no great ornament, may yet be regarded as a sort of ornament for the leg (Pl. XX, fig. 2). Among the Motu tribe of New Guinea a custom of winding the knees or ankles with cords or pieces of bark is met with.¹ This is only an instance, the practice prevailing among other tribes too.

The natives, young and old, men and women, and from kings downward, wear no sort of footgear. This is true of the inhabitants of the East and West Carolines, and of the Marshall Islands, with the exception of the Chamorro tribe who wear sandals made of hides.

Chapter II.

Food and Other Articles.

I. FOOD AND DRINK.

The bread-fruit tree does not thrive in Yap and Palau, so far as my observation goes, so well as in the East Carolines. The taro, not bread-fruit, seems to be the staple food of the natives. Of course, Truk and other islands yield the taro, but in the West Caroline group we find the vegetable grown over a large area. It is the women, we are told, who attend to its cultivation. There are also the coconut, sweet potato, yam and bread-fruit which

¹ W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," *Jour. Anthr. Inst.*, VII, 1878, p. 480.

constitute important articles of food, together with fish, shell-fish and birds. It may be that doves are plentiful in Palau, for Captain Wilson tells us that he was frequently entertained with dishes prepared from these birds.

In Yap, we find a plant which is called *voi* (*Inocarpus edulis*) by the natives. It grows to a big tree with hard wood fit for building boats. It bears edible fruit of the shape of kidney. On one occasion I happened to see native women cooking this fruit, I took a piece and ate it, it had a slight taste but was by no means delicious. Though the fruit of the *voi* may not form the principal food of the natives, it furnishes good material to the native fare. The *voi* is found not only in Yap, but in other islands where it is called by different names. It grows, for instance, in Ponapé and the Mariana group, which are among the islands now under Japanese occupation. The plant is also found in the Philippine Archipelago as well as in islands south of the equator, such as Tonga, Samoa and Tahiti. During our voyage among the South Sea Islands, we saw the *voi* in luxuriant growth at Suva in the Fiji Islands. Here the plant is called the *ivy*, and its fruit the Fijian chestnut, which is eaten by the natives.

In the West Caroline Islands, especially in Palau, it is not difficult to obtain drinking water, for springs are found in the islands. The natives, however, use rain water also. The method of catching rain water is simple, yet ingenious. They fix a piece of tin plate or something like it to the trunk, say, of a betel-nut tree, in a slanting manner, so that the water flowing down the tree may be conducted into a receptacle placed under it. In this way they get comparatively pure rain water. In Mikura-jima, one of the seven islands of Izu, rain water is caught in a similar manner. Among the islanders of Palau, a bamboo tube some five

or six inches in calibre is employed, not only as a pail for carrying water from a spring, but sometimes for storing water.¹

1. **Cooking and Culinary Utensils.**—In regard to the preparation of food and some of the cooking utensils employed among the natives of Yap and Palau, a brief description will be given below.

A. **Cooking.**—As described elsewhere, the inhabitants of the West Carolines make earthen pots for their own use. In the preparation of food, therefore, they can not only roast or bake, but also boil their food. For example, the taro is either roasted, baked or boiled. The natives eat them after peeling them, or mashing them with a pestle, as they do with the bread-fruit in the East Caroline Islands.

The boiled *voi* fruit is eaten as it is or after being grated into small particles. In preparing the fruit, it is also baked. Before baking it is usually wrapped in a piece of the bark of the betel-nut tree and coconut juice poured on it. The *voi* fruit cooked in this way becomes a sort of cake. In this connection, Christian says "a sucking-pig or fowl stuffed with this fruit and baked in the earth-oven is a dish not to be despised."²

The natives eat fish and shell-fish raw or after boiling them in salt water. But since in tropical regions these begin to decay in a few hours, they must have methods of preserving them. According to Captain Wilson, "the fish being well cleaned, washed, and scaled, two flat sticks are placed lengthways of the fish, to support and keep it straight, much in the same manner as meat is laid in a cradle spit; around it are bound some broad leaves. They then make a kind of stage or trivet, placed about two feet from the ground, upon which the fish is laid, and a slow fire

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," p. 312.

² F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 334.

made underneath, over which it remains for several hours, till it becomes smoke-dried, and then it is fit for eating without any further dressing, and would keep a couple of days, though certainly not so well-flavoured as when eaten fresh.”¹

Besides, the natives of Palau get a syrup, which is called *marasis* by the natives, by boiling down the coconut juice. The syrup thus obtained is diluted with water and drunk, or used in the preparation of various kinds of food.

In Palau, an entire fish, roasted or otherwise, is served on a wooden plate and the participants in a meal eat it in common, using neither forks nor chop-sticks. The writer, however, observed the principal articles of food, such as the taro, served separately to each of the men and women. Generally they take three meals a day. In Yap, each member of even the same family has his or her own pot; they never share a fish as the islanders of Palau do.

B. Culinary Utensils.—Of the culinary utensils used in the West Caroline Islands, the pestle, the shell tool and some other kinds resemble more or less closely the ones employed in Truk and other islands of the East Carolines. But the West Caroline group has a far greater variety of utensils, in comparison with Truk, for instance, of the eastern group. In Palau, different kinds of



Fig. 47.—Shell tools used for cutting raw taro (a) and boiled taro (b), Palau.

utensils are used in the preparation of different kinds of food. This distinction is observed even in small shell implements, for in Palau we find two different shell utensils employed in the preparation of the taro. For cutting boiled or baked taro, instruments

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," pp. 190, 191.

differing from natural shells in no respect except in the part forming the edge are used (Fig. 47, *b*) ; while for cutting the raw taro, pieces of shell are employed as instruments (Fig. 47, *a*).

The various kinds and forms of culinary utensils will be described below.

a. Earthen Pots. One of the remarkable differences between the West Carolines (Yap and Palau) and the East Caroline group in point of culinary utensils, nay, of customs, is that the former have earthenware. In the West Carolines, they make earthen pots for their own use ; in Palau, even earthen lamps are found. It is not certain when the art of manufacturing earthenware was introduced into the islands, but we learn from Captain Wilson, whom we have quoted so frequently, that the natives used such ware as early as 130 years ago. The earthen pots used in Yap and Palau closely resemble each other in shape, forming a half globe, being ochraceous in colour and having no ornaments. One obtained by us in Yap is 33 cm. in diameter and 13 cm. in depth, with a wall from 8 to 12 mm. thick (Fig. 48).

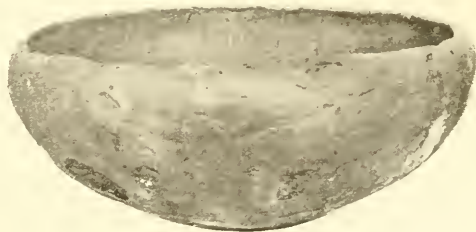


Fig. 48.—Earthen pot from Yap.

It is said that the pot-makers in Yap are slave women. Another which we secured in Palau is 41 cm. in diameter and 16 cm. in depth, the wall being 8 to 10 mm. thick (Fig. 49). The latter pottery is dark both inside and outside, showing that it had been long in service. These earthen pots are used in boiling water and food, and are handled very carefully by the natives. It may here be noted that the pots just described resemble in form the pots used on Murua Island, lying

cast of British New Guinea, as receptacles for the bones of the dead.¹

Earthen vessels are neither manufactured or used in the East Caroline group, nor are they preserved or found there as relics, so

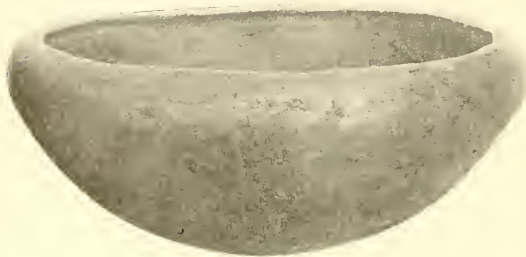


Fig. 49.—Pottery from Palau.

far as my observation in the islands goes. However, after making a comparative study of the native words representing "wooden bowl" and "earthen vessel" in the Micronesian group, Christian notices a coincidence and re-

marks as follows : " the occurrence of this common word over so wide an area, points unmistakably to the gradual substitution of wooden for earthen vessels in Micronesia, owing to the industry of pottery-making falling into abeyance in certain spots where no suitable clay or kaolin was available."² In spite of his conclusion, we have never heard or seen it stated that pottery was unearthened from the ruins in Kusaie or from the ruins at Namatal in Ponapé, though a number of shell axes and of what are believed to be shell ornaments have been dug out. On the contrary, pieces of earthen vessels can easily be collected in the fields in Palau. This may be due, in part, to the fact that these vessels are now in use in Palau ; but in the East Caroline Islands, potsherds are not found, which is one of the reasons why we doubt that earthen vessels have ever been used in those islands. It is not yet known what ethnological relations the builders of the ruins in Kusaie and Ponapé have with the present dwellers of the islands, neither is it known what age they belonged to ; but the

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea" p. 732; Pl. LXXVIII.

² F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 129.

existence of earthenware in the East Carolines cannot be demonstrated to-day, either ethnographically or archaeologically. Moreover, there are many tribes who do not know the art of pottery-making. It is unknown to the Polynesians except to a few tribes. Among the Melanesians, the knowledge is limited to some tribes of New Guinea, and to the natives of the Admiralty Islands, New Caledonia, New Hebrides and Fiji.¹ Even among the tribes of the same stock, some are acquainted with the art and some are not. Therefore, it will not be surprising if the art is unknown to the dwellers of the East Carolines. Besides, in some cases, the presence of clay has no necessary connection with the knowledge of pottery-making, for, as W. A. Bryan says, "though clay was known to the Hawaiian people they made no use of it and knew nothing whatever of the potter's art."²

Among uncivilized peoples, one word often covers many things; it may be that they possess only one term to express the names of different vessels. It is, therefore, difficult to decide by philological study alone whether earthen vessels were in use or not. This will be seen from the instance furnished by the tribe inhabiting Kiwai Island at the mouth of the Fly River in British New Guinea, about whom William Macgregor writes: "they possess no knowledge of pottery and have no pots; they employ as bucket, basin, bowl, and plate a large slipper shell,.... Its name is 'wadere,' and the consequence is that the Kiwai native has no other name than 'wadere' for all our pots and pans and different

¹ H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc." *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, p. 403. G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III, Ethnogr. and Anthr.," p. 10; Pl. II. C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," pp. 45, 114, 732; Pl. LXXVIII. B. T. Somerville, "Ethnological Notes on New Hebrides," *Jour. Anthr. Inst.*, XXIII, 1894, p. 378. G. Turner, "Samoa," p. 341. W. Y. Turner, "The Ethnology of the Motu," *Jour. Anthr. Inst.*, VII, 1878, pp. 489, 490.

² W. A. Bryan, "Natural History of Hawaii," p. 59.

kinds of dishes.”¹

Be that as it may, it seems sufficiently evident that the potter’s art is and was unknown to the natives of the East Caroline group; while it is known to the dwellers of the West Carolines, who now manufacture and use earthen vessels. This is an important point, constituting one of the differences between the natives of the West and the East Carolines.

b. *Wooden Food-bowls*.—Food-bowls in Palau are all carved from wood and painted, both inside and outside, with vegetable juice. There are various kinds of them, as already mentioned, which may be classified according to their forms. The difference



Fig. 50.—Wooden vessel, Palau.

in form, it may roughly be stated, is due to the different uses to which they are put. For instance, the plate-

like vessels (Fig. 50) are for serving or preparing fish, while those like Fig. 51 are for storing liquids. As to the outline of the upper rim, there are many variations within the same class, showing the care of the natives in point of design. For instance, of the same plate-like vessels (Fig. 50) just mentioned, some are oblong, some elliptical, and some poly-



Fig. 51.—Wooden food bowl, Palau.

¹ W. Macgregor, “Annual Report of British New Guinea for 1899,” *Resumé: Jour. Anthr. Inst.*, XXI, 1892, p. 75.

gonal, etc., presenting a marked contrast to the other classes.

The bottom of plate-like vessels is usually flat, but that of the other types of vessels is either grooved or flat with a groove around,

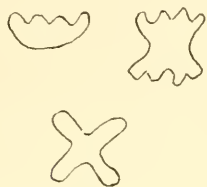


Fig. 52.—Pieces of shell used in inlaying the upper fringe of wooden food-bowls, Palau.

so the bottom is clearly demarkated from the other parts of the vessel. The bottom edge always has holes (not so deep as to penetrate the bottom) or a protuberance for the convenience of attaching a cord by which the vessel may be hung. These food-bowls are generally inlaid with pieces of shell as shown in Fig. 52, on the upper or outer surface of

their upper rim. Sometimes they have a pair of handles at both ends, partly for ornamentation.

There are various sizes of food-bowls. In our collections, the plate-like vessel, which is shown in Fig. 50, was 54 cm. long and 30 cm. at the widest point, while that of Fig. 53 was 27 cm. in diameter. Of the type as is shown in Fig. 54, the smallest one was 22 cm. both in length and breadth, the largest one being 33 by 35.5 cm. The bowl, which is shown in



Fig. 53.—Wooden food-bowl, Palau.



Fig. 54.—Wooden food-bowl, Palau.

Fig. 51 was 43 cm. long, 27 cm. wide, and 16 cm. deep. About these food-bowls Kubary¹ gives a full description.

Of these wooden food-

¹ J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," p. 202; Taf. XXIV-XXVII.

bowls, some closely resemble those in use among the islanders of Truk. For instance, the vessel last mentioned bears a striking resemblance to that kind of ware, which is used in Truk (Fig. 21) and of which a description was given in an earlier chapter dealing with the food of the natives of the East Carolines. Indeed, the only point of difference between the two is that the latter is of smaller depth, with scarcely any ornament.

The most artistic of these bowls is perhaps a wooden, egg-shaped vessel, some 20 cm. long, with a close-fitting lid. It is beautifully inlaid with shell, and is used probably for holding beverages. A similar vessel, though larger in size, was given Captain Wilson by the native king. It was used for holding syrup, being furnished with a close-fitting lid. This vessel, which is modelled after a bird and has a head and a tail, is 3 feet long and 1 foot 9 inches high, capable of holding as much as 9 gallons. It shows exquisite workmanship, with bird figures and other objects inlaid with shell. The king was said to have been very proud of the vessel, because it had no equal in Palau.¹ It is now in the British Museum.

In Yap, it seems that there are also some kinds of wooden



Fig. 55.—Wooden vessels for food, Yap.

food-bowls, though we failed to bring back many of them from the island. The vessels from Yap which are shown in Fig. 55

¹ G. Keate, "The Pelew Island," pp. 101, 313; Pl. I.

have all of them legs, lacking in ornament and colour. It, however, requires some skill to carve out the legs. It may be that the *zen* and the cup with a stand, which are now in use in Japan, have the same origin as such food-bowls in Yap.

c. *Taro-tables*.—There are many more kinds of culinary utensils and food-bowls in Palau than those mentioned above, but of those not found in the East Caroline group the taro-table of large size is perhaps the most striking example. We brought back a specimen of such a table, which is carved from a hard piece of wood and stands on eight legs. It is inlaid with potsherds and painted a dark red colour, like other vessels, though the colours used are different. The taro-table does not show any particular workmanship, but it is certainly a laborious piece of work, carved, as it is,

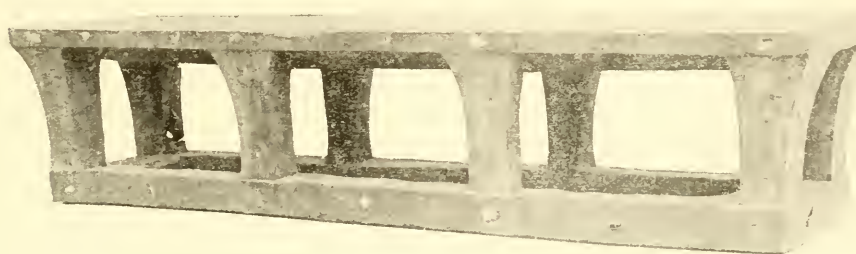


Fig. 56.—Taro-table from Palau.

out of a single log of wood. It is 1.58 m. long, 38 cm. wide and 33 cm. high. There are, however, many sizes larger or smaller than the one mentioned above. Cooked taro is placed on this table when guests are to be entertained. It forms a necessary household piece of furniture for chiefs and other influential natives (Fig. 56).

d. *Tortoise-shell Utensils*.—Another point worth noticing about the utensils for food in Palau is that there are plates and spoons of tortoise-shell in the islands. The plate we obtained is some 18 cm. long, about 10 cm. at the widest point, and 1.5 cm. deep, being el-

liptical in shape. It is skilfully made and has a string attached to the bottom by which it may be hung (Fig. 57). As for the spoons



Fig. 57.—Plates of tortoise-shell, Palau.

of the same material, they are of various sizes and forms, all, however, with a well-formed oval bowl.

Some of the spoons have a string of beads attached to the handle for ornament. Those plates and spoons are said to be used when people eat fish or taro on special occasions.

e. *Natural Objects as Utensils.*—Among natural objects used as culinary utensils, shells of a certain kind serve as spoons, well-polished cups and water-bottles obtained from the coconut shell may also be mentioned. We need not, here, say anything about the coconut or coconut tree, since concerning the different uses to which it is put, a description has already been given in Part I. The water-bottle in Palau, however, has some peculiar features. Its lid, which is made of the tridacna, is flat on one side and convex on the other, being elliptic in shape and 8 cm. in longer and 6.5 cm. in shorter diameter, while it has two holes for passing a cord through them (Fig. 58). This shell lid, however, is now out of fashion and remains rather as a relic of the past, being superseded by the wooden lid. The writer is not sure whether the same is also found in the East Caroline group, for he failed to see even the wooden lid used.

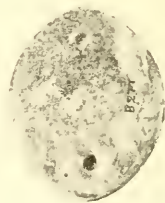


Fig. 58.—Shell lid for water-bottle, Palau.

f. *Racks.*—As mentioned here and there, practically all the wooden or tortoise-shell utensils for food in Palau have cords or strings attached for the convenience of hanging them. In the East

Caroline Islands, some kinds of vessels such as the water-bottle of coconut shell which cannot stand, are hung by means of strings; while in Palau almost all vessels for the table are hung on wooden pegs. For this purpose, each house has a rack consisting of two wooden bars with wooden pegs on them. The rack is also painted like the taro-table.

2. **Method of Fire-making.**—In Yap and Palau, as in the East Caroline Islands, the natives use imported matches. It is needless to say, however, that in former times they had their own method of kindling fire. According to a tradition in Yap, the god of thunder once came down to the island and taught a

woman how to make fire and to make pottery. This method of fire-making of divine origin is the twirling method. The wood employed for this purpose is that of a tree called *arr*, which has more or less the same smell as the elder tree. As already noted, in fire-making the natives of Truk use the wood of an aromatic tree which they call *umukan*. The *arr* may be of the same species as the *umukan* or be closely allied to it. But the islanders of Truk and Yap kindle fire in different ways, for the twirling method is unknown to the former. Flint is also used. In Palau, they formerly produced fire from bamboo and wood by the twirling method.



Fig. 59.—Bamboo vessel for tinder, Yap.

In Yap, the natives have bamboo vessels with wooden lids, in which they keep tinder safe from moisture. It is 19 to 32 cm. long and 2.5 cm. in diameter (Fig. 59). Some, however, have bamboo lids instead of wooden ones.

II. TOBACCO, BETEL-NUT, etc.

Like the natives of the East Caroline group, the islanders of Yap and Palau smoke tobacco. In Yap the habit seems common to both men and women, who are glad to give their goods in exchange for tobacco rather than for money. They cut and roll tobacco in the leaves of plants before they smoke. They put their tobacco, flint, and matches in a small bag plaited of pandanus or coco-tree leaves and this again into a basket made of the same material; but as noted in an earlier chapter, the women of Palau carry the bag under their petticoats (Figs. 60 and 61).

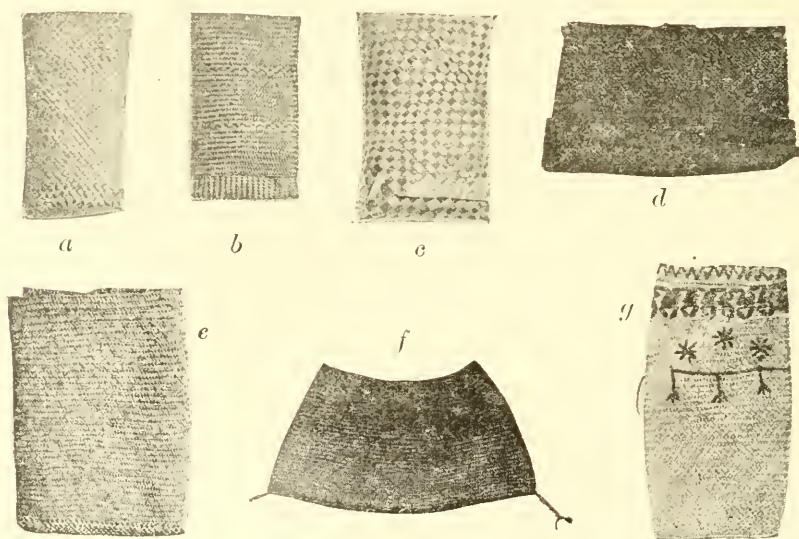


Fig. 60.—Bags for tobacco or betel-nut, Yap (*a-e*) and Palau (*f, g*).

The bag shown in Fig. 60, *b* is made of material dyed red, green or brown, resembling the tobacco pouch in shape. It is intended, probably, as an ornamental article and not for everyday use. In such bags and baskets the natives put not only tobacco, but betel-nuts and also lime which they need in chewing betel-nut.

Betel-nut Chewing. In Yap and Palau, betel-nut chewing is

spractised by both sexes more extensively than smoking. This habit seems to have prevailed in Palau when Captain Wilson visited it, for he writes: "The beetle-nut they had in abundance, and made great use of it, though only when green; contrary to the practice of the people of India, who never use it but when dry."¹

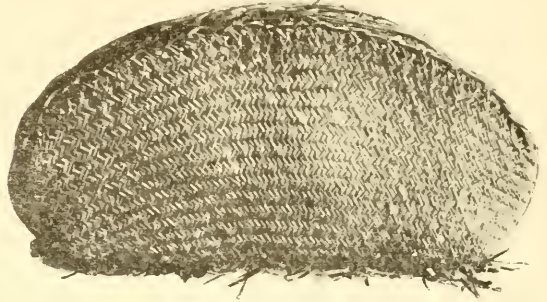


Fig. 61.—Basket from Yap.

Before chewing the betel-nut (fruit of *Areca cathecu*) they cut it lengthwise in two and roll one part in a leaf of the betel-pepper sprinkled over with lime. Soon after they have begun to chew it, you will observe them spitting reddish brown saliva with their mouth dyed the same colour. It is a sort of stimulant, which they seem unable to abstain from, for they are always seen chewing it, whether at home or abroad, whether talking, walking or resting. In the club-house for chiefs of Palau, there are small holes bored on the floor, one before each seat, through which they spit. The teeth of habitual chewers gradually turn black in colour, while the lips become dark red.

The old men and women are unable to chew the nut as it is, so they pound it in a mortar before using it. According to Fay-Cooper Cole,² a small mortar and pestle are employed by aged members of the Bagobo tribe of Davao District, Mindanao, in pounding betel-nuts.

The lime above referred to is obtained by burning fragments

¹ G. Kente, "The Pelew Islands," p. 239.

² Fay-Cooper Cole, "The Wild Tribes of Davao District, Mindanao," p. 70; Pl. XVII, b.

from coral reefs. The vessel in which it is kept is either a bamboo tube some 25 em. long and 5 em. in calibre, or it is one made of coconut shell. The bamboo tube has both ends, or one



Fig. 62.—Bamboo cylinders and coconut vessel for lime, Palau.

end when there is a knot at the other end, closed and a small hole bored at one end so as to sprinkle out the lime contained within (Fig. 62, *a* and *b*). Usually the coconut vessel has also a small hole made on top for the same purpose, while it has a larger hole at the bottom for putting lime in. Of course, the hole is stopped with a wooden plug when lime is in the vessel (Fig. 62, *c*). The vessel is sometimes carved, though not so skillfully as those found in New

Guinea or in the Malay Archipelago. In the West Carolines, we failed to see wooden or tortoise-shell spatulas for handling lime so finely designed as those met with among the natives of New Guinea, though there are simple ones made of tortoise-shell in Palau.

Some betel-nuts, fresh betel-pepper leaves for rolling pieces of the nut in, knives, tobacco, etc., are all carried in a basket which is plaited of leaves and of which mention has already been made (Fig. 61). Indeed, "no man stirred abroad without his basket of beetle-nut"¹ (Pls. XX, XXV).

The betel-pepper is a plant allied to the *Piper methysticum*

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," p. 311.

which is used in making the intoxicating liquor *kava* mentioned in Part I. As the natives can scarcely do without betel-pepper leaves, they are careful in the cultivation of the plant, providing trellises of twigs or pieces of bamboo.

In Yap, the writer saw women chewing coconut husk, in exactly the same manner as when chewing the betel-nut. The husk may or may not have the same efficacy as the betel-nut itself. He brought back specimens of husks prepared for chewing.

The lime, betel-nut and betel-pepper leaf are generally used together, but sometimes either of the last two may be omitted or substituted by a different material. For example, the natives of Rennel Island,¹ one of the Solomon Islands, and of Humboldt Bay, Dutch New Guinea,² lack the betel-pepper leaf, for which in the latter a substitute is found in the siri fruit or sometimes in the stem of the *Piper siriboa* (*Chariva siriboa*). The betel-pepper leaf is not used in Rennel Island, probably because the plant is not found in the island. The natives, however, of Kiwai Island lying at the mouth of the Fly River in British New Guinea³ are not addicted to betel-nut chewing, though the nut, lime and betel-pepper can be found there.

In the neighbourhood of those South Sea Islands now in the hands of Japan, the habit of betel-nut chewing prevails among tribes of the Malay stock as well as natives in certain parts of Melanesia, i.e., the Admiralty Islands, New Guinea and Solomon Islands. Probably the islanders of the West Carolines acquired the habit from some of those tribes. After comparing the native words

¹ C. M. Woodford, "Notes on Rennell Island," *Man*, VII, 1907, 24.

² G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnography and Anthropology," pp. 19, 20.

³ W. Macgregor, "Annual Report of British New Guinea for 1890," *Resumé: Jour. Anthr. Inst.*, XXI, 1892, p. 76.

for "lime," "areca nut" and "betel-leaves," in Yap with the corresponding words in the Admiralty Islands, Moseley says: "The Yap Islanders are amongst the few Western Micronesians who chew betel, and they are believed to have learnt the habit from the Malays, but it is remarkable that their words for areca nut and the lime used with it differ entirely from the Malay words, and appear closely allied with those in use at the Admiralty Islands. The possible drifting of a Yap canoe to the Admiralty Islands might account for the similarity of words such as those for lime and betel in the two Islands."¹

Further, according to the same writer (p. 418), though the areca nut, lime and betel-leaves are now used together, the people in the northern part of the Admiralty Islands, when Labillardiere visited the region in 1772, used lime and betel-leaves only. The habit of chewing the nut was perhaps introduced into the islands after his visit. Supposing the Yap Islanders learnt this habit of chewing the nut with lime and betel-leaves from the natives of the Admiralty Islands, the practice in the former cannot date back much more than a hundred years. As already quoted, Captain Wilson saw the practice of betel-nut chewing in Palau about 130 years ago when he visited there.

¹ H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, pp. 393, 394.

Chapter III.

Dwellings and Household Utensils.

The buildings in Yap and Palau are generally larger and more advanced in architecture than those of the East Caroline Islands. Voyagers to Yap and Palau will see roofs of club-houses projecting from among the trees, and these are certainly one of the "sights" in the West Caroline group. There are several kinds of buildings besides the dwelling-house.

I. YAP.

The buildings in Yap may be divided into the dwelling-house proper, the kitchen-house (of which there are two kinds), the maternity-house, the women's house used during their menses, the club-house and the boat-shed. These are all separate buildings, of which the largest one is the club-house and the next largest the dwelling-house.

1. **Dwellings.**—The dwelling-houses in Yap range from small huts to large buildings, the latter belonging, of course, to influential men. They are generally built on a platform of stone about one metre high, on which are set up poles or pillars of the bread-fruit tree or *callophyllum* wood. Beams and cross-beams are kept in position, not by means of nails, but by coconut ropes, some of which are fastened artistically. The roof, which is very steep, is thatched with leaves of the pandanus or nipa palm (*Nipa fruticans*), and the eaves are usually narrower than the ridge. In most cases, windows are provided, for the eaves overhang low making the interior of the house very dark. The window is shut with a door which, when removed, hung by a hook obtained from the jaw

bone of the leather jacket, a large fish which the natives call *kou* (Fig. 63).

Bamboo screens form outer walls, and the building is partitioned into a sitting room, a bedroom, etc., by means of timbers laid horizontally. The size of the dwelling-house is roughly 20 by 8 m. The house has a stone platform around it, which is wider in front and behind. Since the gable projects outward, the ground-plan of the dwelling comes to form a hexagon with two longer sides

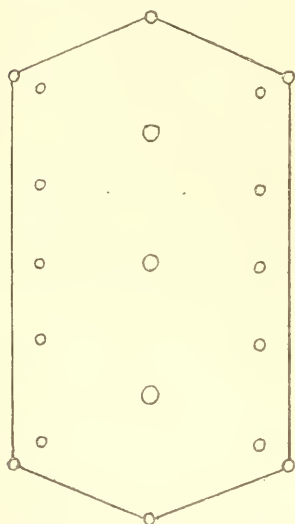


Fig. 64.—Ground-plan of a dwelling-house in Yap.



Fig. 63.—Hook from the jaw bone of fish, used in holding the house door, Yap.

(Fig. 64). This is one of the peculiarities of architecture in Yap. The dwellings here present, thus, a striking contrast to the buildings in the East Caroline Islands which are rough in structure, consisting of only one room.

Matting.—For sitting and lying upon the islanders of Yap have nothing else than mats plaited with coco-tree leaves. In contrast with the building itself, such mats seem altogether too simple; but we find the same in Palau, where the art of building has reached a similar stage

of progress. In Yap, there is another kind of mat much prized among the islanders, with regard to which F. W. Christian writes: "There is yet another treasure highly prized in Yap, but which from its comparative rarity is seldom bartered. It is a coarse shaggy white mat resembling nothing so much as goat or dogskin; it is made from the beaten-out bark of the kal or lemon

hibiscus tree. It is not for use, but merely for show, and is always kept religiously rolled up in a safe corner."¹

The natives of Yap have carved pillows, such as those in use in New Guinea.²

2. **Club Houses.**—There is one or two club-houses (called *fe-bay* by the natives) in each village. Generally they stand by the seaside and are the same in structure as the dwelling-houses, though much larger in size. Therefore, the pillars are also larger, some measuring 7 m. in height and 70 cm. in diameter. The coconut ropes binding pillars and beams are fastened more ornamentally. The gables carved and painted show wonderful skill; but on the whole, the structure of the club-houses is much more simple than that of Palau, where both the inside and outside of the building are profusely carved. But club-houses in Yap are often 10 to 12 m. in frontage and 30 to 32 m. in depth, so they are perhaps the largest buildings found in the South Sea Islands now occupied by Japan. Some club-houses in Yap, we are told, took several years before they were completed (Pl. XXIII. fig. 2).

The club-house is communal property. Though it is chiefly for unmarried young men, it is also used by married people. All meetings of the village are held in the building. While the club-house in Palau consists of one large room, the same building in Yap is partitioned into several sections or bedrooms by means of timbers laid on the floor. Two or three girls called *mespil* or *mogol* are attached to each club-house. They are common wives, so to speak, for the young men; and they are mostly slave girls robbed from neighbouring villages. Excepting the *mespil*, access to the club is strictly forbidden to other women.

¹ F. W. Christian, "The Caroline Islands," p. 237.

² F. Ratzel, "The History of Mankind," Vol. I, Fig. on p. 265.

Stone pavements around the club-house serve as a dancing place for the natives who are very fond of this pastime. Trees are also planted around the building, and lots of stones, some 80 cm. high, stand obliquely like so many tombstones. These reclining stones serve as an immovable chair when natives rest their back against them (Pl. XXIII, fig. 2). In resting they sit on a piece of bark of the betel-nut palm (?) which they usually carry with them. Kubary¹ gives a detailed account of the buildings in Yap. A comparative study of the club-house in the West Carolines and other South Sea Islands is made toward the end of the paragraphs devoted to Palau.

II. PALAU.

There are also various kinds of buildings in Palau, such as the dwelling-house, kitchen-shed, club-house, canoe-shed, and shrine. It may be noted that, though the one last mentioned is only a small building, no such building is found in Yap; while the largest building in both Palau and Yap is the club-house, which is certainly a "sight" in the way of architecture in Micronesia.

1. **Dwellings.**—The size of the dwelling-house is generally 8 by 4 m., with a bamboo or wooden floor raised 75 to 90 cm. above ground. The roof is usually thatched with leaves of the nipa palm (*Nipa fruticans*), while the walls consist of piles of bamboos, each rolled up in the same leaves. Bamboo screens sometimes form part of the walls. The entrance is usually made on the longer side of the house, and is about 1.80 m. high and 1.20 m. wide. As the house has a number of such entrances, each 1.20 m. apart from the other, it is light inside the building unlike

¹ J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntniss des Karolinen Archipels," pp. 29-42; Taf. II-VII.

the houses in other islands. The natives use mats plaited of pandanus leaves (?) for sitting and lying upon. Some of the dwelling-houses in Palau have a fireplace inside, chiefly for cooking purposes; while others have a separate kitchen-shed built apart from the dwelling proper. Both the dwelling-house and the kitchen-shed are much the same in structure, only that the latter is usually more roughly built than the former.

Earthen Lamps. The use of earthen lamps in Palau may be mentioned as one of the striking features of household life in the islands. In no other islands of Micronesia can there be found such lamps, or anything like them. The following is a brief description of them.

The lamp is of unglazed, pot-like earthenware with a big, long mouth and a round bottom. It is red brown in colour,



Fig. 63.—Earthen lamps from Palau.

and from 10 to 15 cm. in diameter. In the upper rim there are three holes, or three projections, each with a hole in it. Strings are put through the holes, and these strings, in turn, are passed through slender bamboo tubes so as to protect them from burning. Some of these lamps have human figures affixed in front for ornamental purposes. The wicks are cotton fibres twisted into something like threads, and coconut oil is used as illuminant (Fig. 65). Foreign-made lamps, however, have superseded the earthen lamps at Koror and its vicinity, though native ones may still be found in use in those parts seldom visited by foreigners. This change seems to be of a quite recent date, for there is scarcely any house that does not possess one or more of such lamps.

As already stated, earthen vessels are peculiar to the West Caroline group, and again earthen lamps are peculiar to Palau. Since pottery-making is unknown in Polynesia, earthen lamps of native make cannot be found in use throughout the archipelagos. In Hawaii, the natives used stone lamps, with pieces of tapa as wicks.

Tombs. In Palau, there is a stone platform, some 30 cm. high, in front of each native dwelling. It is the family sepulchre. While in Truk the dead are buried in water, the natives of Palau bury theirs, as just mentioned, in front of their houses. The sepulchre should, of course, be sacred to the natives, who, however, do not mind walking on the burial place themselves or allowing children to play on it (Pl. XXVIII, fig. 2).

2. **Club Houses.**—In Palau, as in Yap, club-houses (called *bay* by the natives) are built in each village. The building is oblong in the ground-plan like the dwelling-houses, being 5 m. in frontage and 14 to 16 m. in depth. It has a floor made of the hard wood

of the *Intsia bijuga*, some 1.20 m. above ground. The floor is supported, not by posts or pillars, but by several board-like pieces of wood placed side by side. The club-house at Koror stands on a substructure of stone. The roof of the building, which is very steep, is thatched with nipa palm leaves. The eaves are narrower than the ridge, as in Yap; but the slanting gable with its lower end inward is peculiar to Palau, as are the gables and walls which are of thick planks, neither the bark nor leaves being used. But no European element of architecture is introduced in the building, which therefore presents the native style of building in its original form. Each side has entrances, from six to eight in all, in addition to the narrow windows provided; so it is not dark inside the club-house. Door-steps consist usually of pieces of wood with notches (Pl. XXIX; Pl. XXX, fig. 2; Pl. XXXI, fig. 2).

Pillars, beams and cross-beams of the club-house in Palau are all square, no central pillars being used as in Yap. These, as well as the gables and other parts both inside and outside the house, are covered with grotesque carvings which are painted in yellow, red (ochre), white (lime?), black (soot?) and other colours. Some of the carvings are ornamental; but most of them are what may be called pictorial records, since they express the impressions of the natives or depict what has happened in the village, or the mythological traditions current among them, the carvings comprising the figures of human beings, birds, fish, trees, buildings, ships, etc. This may be compared to the practice of North American Indians who communicate their ideas to each other by means of pictures. There are some indecent carvings, but on the whole those carvings are a testimony that the natives have the ability to express different things in a succinct way. If the native customs and manners have undergone a radical change, those carvings will

become the more valuable, forming indispensable data for the study of past customs and manners. While in Palau we received from the Aybathul, a chief of the first rank in the islands, a part of a cross-beam some 2.70 m. in length, of the chiefs' club-house, which present we brought home. This cross-beam is shown in Pl. XXXV, and has four sides, three of which are carved.

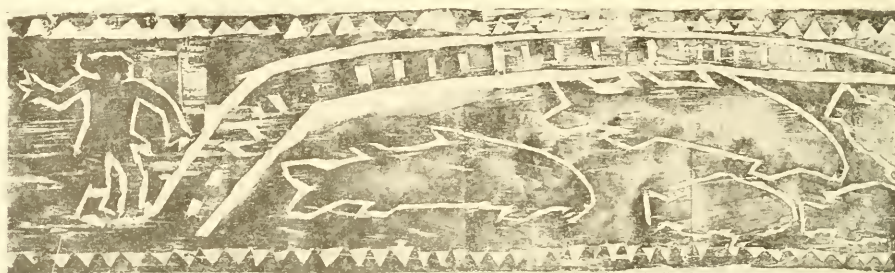


Fig. 66.—Photographic reproduction of the rubbing of a part of the carving

Fig. 66 is a photographic reproduction of the rubbing made from the carving on a beam of a club-house (Pl. XXX, fig. 2). The carving represents a mythological tradition current among the natives, concerning the origin of bread-fruit. In order to obtain food, so says the tradition, the islanders used to cut boughs of large trees, with the axe. Then, the fish, which had gone up inside the trees, came springing out of the cut ends. This, however, inflicted intolerable pain upon the trees, causing them to weep, so the natives, who could no longer continue the cruel practice, prayed to the god for another means of getting their food. The god granted their prayer. Now the fish became bread-fruit instead of the fish which originally passed through the tree, and continues to form the staple food of the natives. In Fig. 66, the figure in the center of the carving represents a tree, and the figure to the left a man cutting the bough, while the carving behind the man indicate the fish entering the tree.

Again, the figures to the right of the tree show natives trying to catch the fish which come from inside the tree.

We learned from a chief who spoke English that there were two or three kinds of club-houses. At Koror two club-houses stand side by side, one for the young men and the other for the chiefs. The latter is also the chiefs' council house. There



on a beam of a club-house, Koror, Palau. Explaining a mythological tradition.

stood formerly, we were told, another club or council house for lesser chiefs between the two buildings, but we saw no trace of it, it being destroyed in a typhoon several years before. These club-houses, where the chiefs come together for conviviality and conference, are also used for lodging guests. The young men's club-house is also their common lodging-house, as in Yap; and in Palau too, women are strictly forbidden access to it.

If we compare the two kinds of club-houses mentioned above, we find them much the same in structure. While the chiefs' council house is more richly carved than the club-house for the young men, the outer walls of the latter have shells or potsherds inlaid by means of red clay. On either gable of the latter too, a nude figure of a young woman, with her legs wide apart is carved (Fig. 39 and Pl. XXXI, fig. 2). The upper half of the figure is gone, as the result, it is said, of the order of a missionary stationed in Palau while it was a Spanish possession, to destroy the

carving as injurious to morals. But it is only the innocent part that is gone, the objectionable part remaining intact. For the figure consisted of two parts, and the upper part which was a separate carving, was affixed to the lower one carved on the gable itself. It was perhaps easy to remove the upper part, but the lower part was spared from destruction, simply because it was in all probability found difficult to destroy it. In spite of its pernicious effect on morals, the figure constitutes good material for our study in the tattooing, as already mentioned, around the vulva and on the lower limbs of women. Besides, we are told that a moral significance, as stated below, attaches to the carving, which may offset the objectionable aspect of the figure to some extent.

There is in Palau an interesting and instructive tradition explaining why such a figure came to be carved on the gable of the young men's club-house. The tradition as narrated by a chief of the second rank at Koror is recorded through the courtesy of Lieut. H. Adachi, of the Japanese Navy, stationed in Palau, as



Fig. 67.—Photographic reproduction of a rubbing of the carving on a beam of a club-house, Koror, Palau. Showing canoe sailing between two islands.

follows: "Once upon a time there was a beautiful maiden, Jilokai by name, of a good family in Palau. She was, however, so wanton that her conduct gave much anxiety to her father who

begged her time and again to lead a purer life, but in vain. The distressed father hit upon an idea, he had the image of his daughter carved above the entrance of the club-house for young men. Now the young people of the village began to tease Jilokai, who felt so ashamed of her conduct that she always kept indoors and in time became a good, chaste woman. Since that time, it has become customary for the islanders to carve a female figure on the gables of young men's club-houses."

The young men's club-house is for the common use of all the young people of the village, while the chiefs' council house is exclusively for themselves. Access to the latter is never allowed to ordinary men, still less to women.

There are in Palau seven or eight grand chiefs, of whom the most influential is the Aybathul at Koror. The present Aybathul is an old, but vigorous man, over seventy years of age. He is also a resourceful man, wielding a kingly influence over the whole of Palau. Under the grand chiefs, there are several lesser or subordinate chiefs who take charge of minor offices. These chiefs meet in conference at the council house, each taking the seat allotted to him. When we visited the chiefs' club-house at their invitation, we found nine chiefs including the Aybathul assembled in the building. They sit apart from each other, usually from 1:20 to 1:80 m., the seats are along the walls with two big fire places in the center of the room.

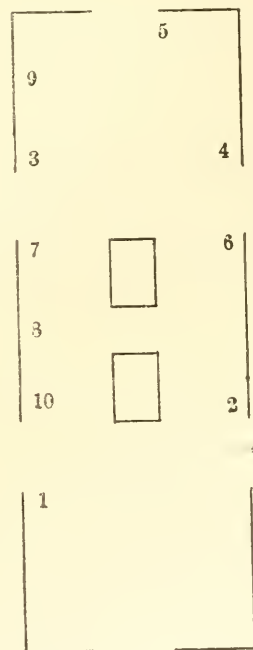


Fig. 68.—Ground-plan of the chiefs' council house at Koror, Palau. Numbers indicate the seats of chiefs in conference.

It must, however, be noted that their seats are not indicated by either chairs or mats, yet no disorder is in evidence when they take their respective positions. Though the chiefs sit with an interval between them of several metres in rare instances, they confer with each other from their own seats or without coming nearer for the purpose (Fig. 68). As stated in earlier pages, a small hole is bored in the floor in front of each seat, so that the chiefs who never cease chewing betel-nut may expectorate through the opening.

Such buildings are to be found, not only in New Guinea, the Solomon Islands, and New Hebrides, but also among the Malays inhabiting Borneo and the Philippine Islands. They are also found among the Naga, Garo and other tribes of India. The *kong-kai*¹ or club-houses of the aborigines in Formosa are buildings of



Fig. 69.—Photographic reproduction of a rubbing of the carving on a cross-beam of a club-house, Koror, Palau. Showing cock-fighting.

the same nature. The size and form vary according to the tribe and locality; but they are usually larger than a dwelling-house, and each village has at least one such building, called the bachelors' house or men's house. It is chiefly intended for a lodging-house or club for bachelors, though it serves also as the council house or hotel for guests. In most cases, women are

¹ 公廨

strictly prohibited to enter it as in the West Caroline Islands.¹

In Dutch New Guinea, there are large buildings for boys from twelve to sixteen years of age, who are too young to be admitted into the young men's club-houses (Van der Sande, p. 301); while the Bontoc Igorot tribe in Luzon and the Naga tribe in India have common lodging houses for girls and young women before their permanent marriage (Jenks, pp. 50, 53; Hadson, p. 70), which establishments correspond more or less exactly to the young men's club-houses. But instances in which there is a clear distinction between the bachelors' club-house and the chiefs' council house are rather rare, except among the Bontoc Igorot tribe which has lodging-houses for boys and bachelors as well as council houses for the elders. According to Jenks (pp. 50 and 52), "the *pa-ba-fu-nan* is the home of the various *a'-to* ceremonials. It is

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," pp. 123, 335, 459; Pls. XXXIV-XXXVI, XLIV, XLV. G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 293, 301, 302; Figs. 182-190. A. B. Meyer and R. Parkinson, "Album von Papua-Typen II," Pl. 16. F. Elton, "Notes on Natives of the Solomon Islands," Jour. Anthr. Inst., XVII, 1888, p. 97. E. T. Somerville, "Ethn. Notes on New Hebrides," Jour. Anthr. Inst., XXIII, 1894, p. 373. A. E. Jenks, "The Bontoc Igorot," pp. 50-52. D. C. Worcester, "The Non-Christian Tribes of Northern Luzon," Philippine Jour. Sci., I, 1906, p. 837. A. R. Wallace, "The Malay Archipelago," London, 1890, pp. 50, 51. Sir Hugh Low, "Sarawak," London, 1848, p. 23, quoted by H. Ling Roth, "The Natives of Sarawak and British North Borneo," London, 1896, Vol. II, p. 156. R. G. Woodthorpe, "Notes on the Wild Tribes inhabiting the so-called Naga Hills," Jour. Anthr. Inst., XI, 1882, p. 199. T. C. Hadson, "The Naga Tribes of Manipur," London, 1911, pp. 42, 70. H. H. Godwin-Austen, "On Garo Hill Tribes, Bengal," Jour. Anthr. Inst., II, 1873, p. 393. Y. Ino, "On the Head-house of the Dyaks and the *kong-kai* of the Wild Tribes of Formosa" (in Japanese), Jour. Anthr. Soc. Tokyo, XXI, 1903, pp. 455-459. U. Mori, "Ethnographical Album of Formosa" (in Japanese), Taihoku, 1915, Vol. I, Pls. 65, 66; Vol. II, Pls. 31, 67, 68. R. Torii, "Etudes anthropologiques. Les Aborigènes de Formose (1 Fascicule)," This Journal, Vol. XXVIII, Art. 6, 1910, Pls. XIX, XXVIII, LVIII. Y. Sayama, "Report on the Investigations of the Wild Tribes in Formosa" (in Japanese), 1913 (pp. 27-30; Figs. 8-13); 1914 (p. 157); 1915 (p. 57). The home of a local ruler in each settlement of the Bagabo tribe inhabiting Davao District, Mindanao, which serves as a social center of community, may be regarded as a sort of club-house (cf. Fay-Cooper Cole, "The Wild Tribes of Davao District, Mindanao," pp. 66, 67; Pl. XV). The large building in the Admiralty Islands, called the temple by Moseley, may also be a sort of club-house (cf. "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," Jour. Anthr. Inst., VI, 1877, p. 404). Van der Sande applies the term of temple to the same kind of building in New Guinea.

sacred to the men of the *a'-to* (political division), and on no occasion do the women or girls enter it. All boys from 3 or 4 years of age and all men who have no wives sleep nightly in the *pa-ba-fu-nan* or in the *fa-wi*. Each *a'-to* has a *fa-wi* building—a structure greatly resembling to the *pa-ba-fu-nan*, and impossible to be distinguished from it by one looking at the structure from the outside. The *fa-wi* is the *a'-to* council house; as such it is more frequented by the old men than by the younger." From this it will be seen that the distinction between the two kinds of houses is not here so rigid as in Palau, for young men are allowed to sleep in the *fa-wi*, the council house for the elders.

There is another small structure, which is dedicated to a god. It is a club-house in miniature, being about 1 by 2 m. in size. It has painted carvings on the outside and resembles a small shrine in Japan, but containing no idols or things sacred to the deity enshrined (Pl. XXXI, fig. 1).

The boat-shed is built on the beach, where ships belonging to chiefs and others are kept and from where they put out to sea.

Dwelling-houses are scattered in the forest by twos and threes, but the road connecting them with each other is some 2 m. wide and paved with stone, a credit to the islanders. Indeed, Palau has far better roads than those in the East Caroline Islands. In Palau, there are stone platforms here and there. These are resting places, and flat stone pieces on the platform, which are some 70 cm. high, serve as the back of a chair when the natives take a rest, as in Yap. Stone pieces of the same nature also will be noticed near the chiefs' council house. The places where the chiefs address their subjects are also provided with these stone chairs. C. G. Seligmann¹ says that in the villages on the coast of British New

¹ C. G. Seligmann, "The Melanesians of British New Guinea," p. 463; Pls. LVII, LVIII.

Guinea and the neighbouring islands, there are places where a large number of stones like tombstones stand. They are the meeting-places of the natives who discuss their affairs while squatting there leisurely. Women and girls are not allowed to enter such places. As for the buildings in Palau, Kubary's work,¹ which contains a detailed description on this subject, may be consulted with profit.

Chapter IV.

Implements and Weapons.

I. IMPLEMENTS.

In Yap and Palau, the principal implement is the hatchet, which is usually small in size, and fitted with a crooked handle. The tool also serves as a knife. The natives carry it on the naked shoulder, usually on the left, this appears to us to be a dangerous habit, but they show no signs of uneasiness, probably because they are accustomed to the practice since their childhood (Pl. XXV). The natives of the Admiralty Islands, Matty Island and in the interior of Dutch New Guinea also carry the hatchet on the shoulder.² Thus, the islanders of Yap and Palau, like the natives of the other islands, now use iron implements, but

¹ J. S. Kubary, *Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels*," pp. 221-267; Taf. XXIX-XLIX.

² H. N. Moseley, "On the Inhabitants of the Admiralty Islands, etc.," *Jour. Anthr. Inst.*, VI, 1877, p. 407. A. B. Meyer and R. Parkinson, "Album von Papua-Typen II," Pl. 53. A. J. P. Van den Broek, "Zur Anthropologie des Bergstammes Péschém im Innern von Niederländisch-Neu-Guinea. Nova Guinea, 1907-1909, VII. Ethnographie," Leide, 1913-1915, Taf. XXXVIII, fig. 6; Taf. XXXIX, fig. 10.

formerly they employed shell-axes (Fig. 30), as already mentioned in Part I. This is clearly demonstrated by archæological remains. Besides the shell-axes, stone implements were also in use in Palau. Further, side by side with those tools, iron hatchets, though certainly small in number, were already employed in Palau some 130 years ago; for, according to Captain Wilson who visited the islands at that time, "he (the king) bore a hatchet on his shoulder, the head of which was made of iron, a circumstance which much surprized our people, as all the other hatchets they had seen were of shell."¹ It seems that the natives of Palau had another type of hatchet, the blade of which moved round. To quote Captain Wilson (p. 312), "they had also another kind of hatchet, which was formed in a manner to move round in a groove, that the edge might act longitudinally, or transversely, by which it would serve as a hatchet, or an adze, as occasion required." It is not certain whether hatchets of this type are still found in use among the islanders; but all we saw in Palau were of an ordinary pattern.

II. WEAPONS.

1. **Spears.**—There are several kinds of weapons found in the West Caroline Islands. We may first mention the spear, which perhaps shows an improvement on a similar weapon used in Truk. The cruel nature of uncivilized men may be noticed in the make of these weapons. The spear of the Yap Islanders, which is usually made of areca palm wood, has one end sharpened. And this head has a number of barbs affixed, for a length of 45 cm., with the object of doing the enemy as much injury as possible. Some

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," pp. 55, 56.

spear-heads are made of areca palm wood and the shafts, of bamboo. These weapons are usually some 2·50 m. long, with the head and a portion of the shaft painted black, or with the shaft decorated with black parallel lines (Fig. 70). Now-a-days weapons are scarcely met with in Palau, and these are seldom actually used. But we learn from Captain Wilson¹ and Kubary² that the islanders formerly had barbed spears, the shafts of which were made of areca palm wood, the pointed ends of which were often armed with sting-ray spines.

2. **Darts.**—According to Captain Wilson,³ the islanders of Palau formerly used bamboo darts, which, inserted into the socket of a wooden sling, were discharged by the spring of the darts themselves. So it will be seen that this shooting contrivance is quite different from the spear-thrower employed by the natives of Australia, which is stick-like or board-like in shape. It may also be noted that, though Captain Wilson calls the shooting apparatus of the Palau Islanders a sling, it is entirely different from the sling as found in Truk. Incidentally it may be mentioned that stone-throwing seems to be practised among the islanders of Yap.

3. **Wooden Swords and Daggers.**—We learn from Captain Wilson⁴ that some chiefs carried a kind of sword some 2 feet 10



Fig. 70.—Spears from Yap.

¹ G. Keate, "The Pelew Islands," p. 314.

² J. S. Kubary, "Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," p. 155; Taf. XXII, fig. 1-6.

³ G. Keate, *ibid.*, p. 314.

⁴ G. Keate, *ibid.*, p. 315; Pl. II, fig. 1; Pl. V, figs. 1 and 2.

inches in length into battle. They were made of very hard wood and inlaid with shell, the blade resembling that of a Japanese sword in shape. These swords were, we are told, of sufficient weight to break the skull. The natives had also daggers obtained from ray-fish spines which they carried in bamboo sheaths. They were only 13 inches long, including the hilt which often had a characteristic human figure carved on it.

Captain Wilson brought home with him specimens of these two kinds of weapons, the sword and the dagger, which are now in the British Museum. They are so famous that they are referred to by various authors.¹

Chapter V.

Decorative Patterns.

In the West Caroline Islands, as in the East Caroline group, decorative patterns will be noticed on the various things made by the islanders, such as textiles, bracelets (Fig. 46), tobacco holders (Fig. 60), bamboo cylinders for lime, wooden bowls, spear-shafts (Fig. 70), also on tattoos (Fig. 39) and on buildings (Pls. XXIX, XXXI). As in the East Caroline group, the patterns are usually geometrical, most of them consisting of triangles, squares, lozenges, zigzags, etc., while some are made up of concentric figures, a design not to be found in the East Caroline Islands. These are skilfully combined so as to produce artistic effects. It seems,

¹ We find an instrument reproduced by F. Ratzel at page 211 of "The History of Mankind," Vol. I, with the explanation "Saw of ray-spine, said to be from Pelew (British Museum)." However, there is no room for doubt that this represents the dagger obtained by Wilson in Palau, the human face carved on its hilt closely resembling the figure on the club-house in Palau.

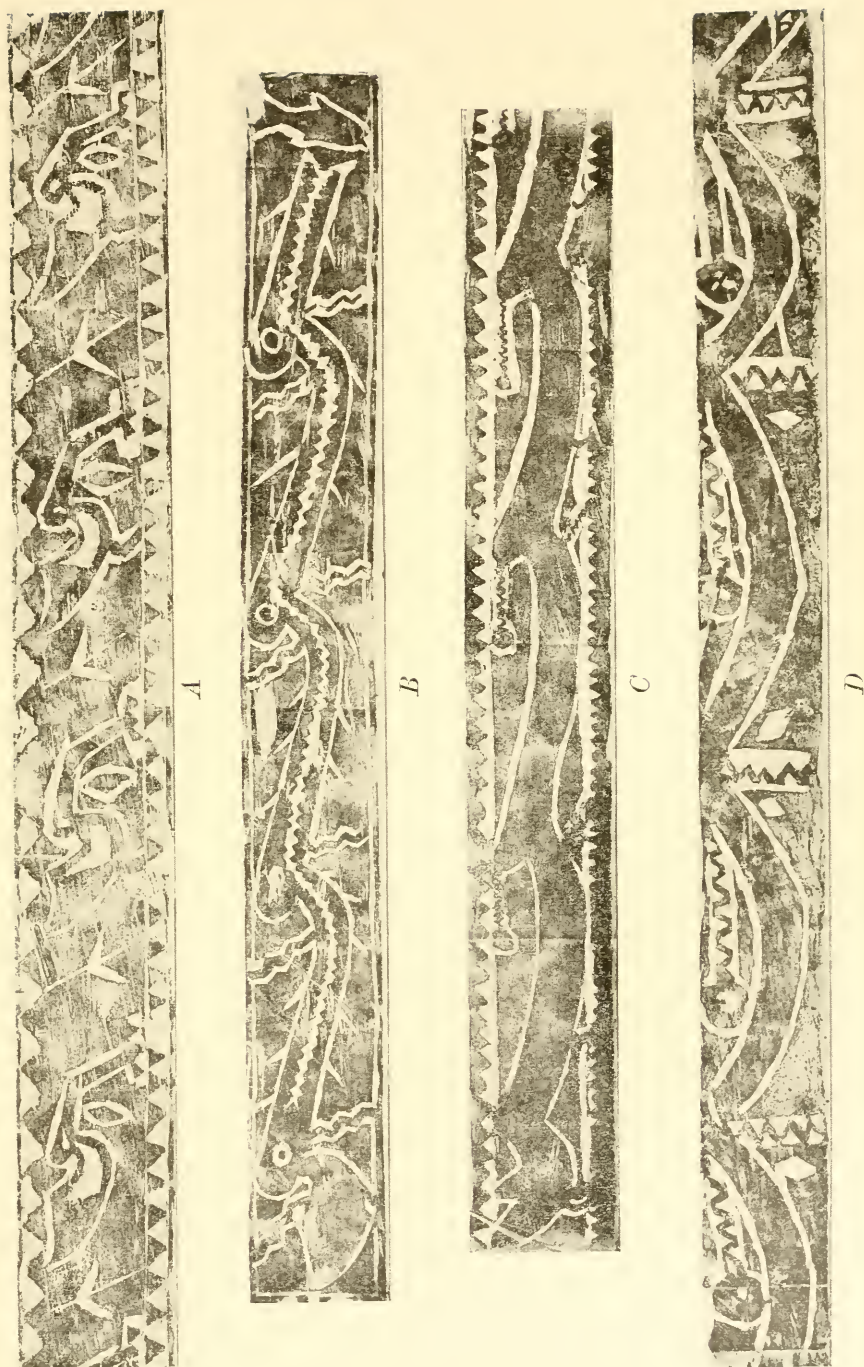


Fig. 71.—Photographic reproductions of the rubbings made from carvings on beams of the chiefs' council house at Koror, Palau.

however, that coils are not used. Some carvings on the gables and other parts of the club-houses in Palau have designs which are derived from animal life, but which it is difficult to recognize as such by observing a mere portion of them, for they are skillfully transformed into geometrical figures.

To illustrate the transformation of patterns. Fig. 71, *A* represents several, presumably aquatic birds which are carved separately, one after another; while in Fig. 71, *B*, the figures of birds have lost their natural shape with the exception of the heads, the beak of one bird becoming continuous with the body of another. In Fig. 71, *C*, this tendency becomes more marked, and in Fig. 71, *D*, there is so much transformation in the pattern that one can scarcely identify the figures. These figures are photographic reproductions of the rubbings made from carvings on several beams of the chiefs' club-house at Koror, Palau.

While spatulas used by the natives of New Guinea for handling lime and also their vessels for holding the same material are often carved in an elaborate design, the vessels for the latter purpose used in the West Carolines are simply pieces of bamboo tubes, either not carved at all or carved at best in simple geometrical patterns. These cannot bear comparison with similar vessels in New Guinea.

Chapter VI.

Money.

In the East Caroline Islands, in Mortlock for instance, beads made of the shell of coconut or bracelets of tortoise-shell serve as money; while in the West Carolines there are special forms of money. As stated in an earlier chapter, the neck-ornament which is worn by the women of Palau and is called Palau money, is a kind of currency of extremely high value. In Yap, the natives have stone and shell money. I give a detailed description of each.

1. **Palau Money.**—The Palau money above mentioned is much prized by the natives as currency of high value, so it is very difficult to secure any specimen of it. Moreover, it is only women or girls of "rich" families who are seen wearing the Palau money on their necks. Such being the case, the available data for study, to my regret, were rather scanty. Of two or three pieces of Palau money which I saw, one was some 30 mm. in length, formed like a prism and yellowish-brown in colour, another was shaped like a ball, etc. According, however, to Kubary, there are several variations in the shape, some like the *kudatama* or *kirikodama* unearthed from ancient tombs in Japan, and others like a ball or polyhedron. Various materials are used, including glass, porcelain, agate, and what is supposed to be jasper. The pieces of Palau money have each a hole for convenience in wearing them. Their value varies according to the kind, and the kind possessed varies according to the social status of the wearer. The chiefs naturally, own more valuable pieces, some of which are worth several hundred shillings. It is not known when and by whom this money was introduced into Palau (Pl. XXVI). Kubary¹ gives a detailed account of the Palau money.

¹ J. S. Kubary, "Ethnogr. Beiträge zur Kenntnis des Karolinen Archipels," pp. 1-28; Taf. I ³

We read in Van der Sande¹ that glass beads, like those found in Palau, are used as money in Dutch New Guinea. These beads are called antique beads, signifying that they are not of modern manufacture. Their price is from fl. 0.50 to fl. 5 each. Besides using them as ornaments, which is rare, the natives purchase their brides with them. C. Hose and W. McDougall² write, in this connection, that in Borneo very old beads made of glass or stone were formerly used as money and are now prized as family treasures. These beads are strung together into a necklace or girdle; sometimes a single rare bead is worn on the wrist for ornament. A rare specimen is valued at 100 dollars at least. These beads, it may here be added, are also distributed over different parts of the Malay Archipelago.

2. **Stone Money of Yap.**—If we land at Yap and enter a native village, we notice stone wheels placed in front of the houses or by the roadside. They form the valuable property of the islanders, who call them *fe* or *fei*, that is stone money. Now these "coins" which are made of pale yellow limestone, have each a round hole in the center, through which the natives pass a stick or pole to carry them by. There are, of course, pieces of stone money of irregular shape; however, the stone wheels are usually 30 to 55 cm. in diameter, some measuring 90 cm. to 1.20 m. In rare cases, the diameter reaches 3.50 m., though we did not come across such big ones. The piece found by the roadside near Tomil, Yap, was the largest we saw on our tour. It measured 1.93 m. in diameter and 24 cm. in thickness at the hole, which itself had a diameter of 40 cm. (Pl. XXIV, fig. 1). As regards smaller ones, we found several measuring 15 cm. in diameter, but

¹ G. A. J. Van der Sande, "Nova Guinea, III. Ethnog. and Anthr.," pp. 218, 219; Pl. XXIII.

² C. Hose and W. McDougall, "The Pagan Tribes of Borneo," London, 1912, Vol. I. pp. 226, 227; Pl. 130.

the specimen I obtained was perhaps one of the smallest, with a diameter of only 7.3 cm. The latter may not be intended for use ; but it does not differ from the larger ones except in size, for it has a hole in the center, so that a piece of inner bark of the hibiscus tree may be passed through it.

Now limestone, the material of which this money is made, is found in Palau and not in Yap. If they had the material in their own island, the natives of Yap could make this stone money in large quantities, with the probable result that the pieces would no longer be of any value. But the Yap Islanders sail to Palau, some 240 miles distant in a south-western direction, in order to obtain their stone money. Wheels cut from limestone beds or rock are carried back to Yap, where they are valued as money. This is done at the risk of personal safety and at the cost of much labour ; for the natives, who do not possess good vessels which would facilitate the transportation of the stone money from Palau to Yap, must rely upon their canoes or rafts, and this circumstance accounts for the great value set upon the stone wheels by the natives. In Malakal, an islet of Palau, two large pieces of stone money can be seen lying on the shore, they were probably left there, owing to the difficulty of loading or transporting them on the canoe. Of course, the value of the piece rises in proportion to its size, because of the greater difficulty in cutting and transporting. The natives measure the diameter of the piece by stretching the thumb and forefinger. However, as may easily be supposed, mere size is not valued much unless combined with fineness of material, beauty of colour, and regularity of shape, etc. The islanders try hard to secure such pieces, but their endeavours are, of course, attended with no small difficulty. It is natural, therefore, that some enterprising foreigners

should have attempted to cater to their demand. In 1890, when the late Dr. U. Taguchi and his party visited the Caroline Islands on the sailing-ship *Tenryu Maru*, they saw two Americans engaged in the manufacture of the stone money in Palau and transporting it to Yap, where in consequence, the currency was suddenly greatly inflated.¹ This money is now not prized so much as formerly, as ordinarily it cannot be put to practical use; nevertheless, the pieces are still precious in the eyes of the natives who do not like, it seems, to have them even touched by foreigners.

As to the value of this stone money, it is roughly determined by measuring the diameter in spans, as above noted. Of course, the value thus fixed cannot be accurate. We paid five *yen* for a piece, 68 cm. in diameter, of fine quality and good shape, which we brought home. We were told that a piece of this size was worth a pig weighing 45 kg. It is difficult to ascertain the exact value of a piece. In the summer of 1915, when a party from the South Sea Islands under Japanese occupation visited Japan, the natives from Yap brought and presented to the Minister of the Navy a piece of stone money, 85 cm. in diameter and weighing some 100 kg., which they said, was worth some 500 *yen*. The Minister has since presented the specimen to the Tokyo Imperial University, and it is now in the Anthropological Institute. It is, however, doubtful whether the piece is of such high value; it has in all probability no fixed value.

Smaller pieces of stone money are kept indoors, while larger ones are laid against walls or coconut palms. Again, many large pieces are seen on the premises of chiefs' or rich men's houses, or in the compounds of club-houses (Pl. XXII, fig. 2; XXIII, fig.

¹ H. Inoue and K. Suzuki, "An Account of the Mariana and Caroline Islands" (in Japanese), Tokyo, 1893, pp. 78-81.

2). In some cases, the pieces found in one place number about a hundred (Pl. XXIV, fig. 2). As mentioned elsewhere, some pieces lie, though rarely, by the roadside. Nobody, it is said, steals or destroys them. And those pieces of stone money, of which a chief or village is proud, give an index to the wealth possessed by them. Indeed, the stone money, together with the large buildings, belong to the "sights" of the West Caroline Islands. In Yap, the pieces are used for the same purpose as coins in civilized countries, in buying and selling, or as a gift when celebrating the completion of a building or on the occasion of death. Chiefs naturally come to possess much stone money, since they can afford to manufacture the pieces or have large quantities of goods to sell. As regards the many pieces about the club-house, they perhaps represent the prices obtained for fish and shell-fish caught by the bachelors and which they sold at the club-house, and also as remuneration for their labour in assisting in building houses. Thus, club-houses have their own property. The native word for the club-house is *fe-bay*, which means the "house of stone money," a term chosen to express in all probability the plentifulness of this money usually owned by club-houses.

We are told, however, that at present the stone money is rather for show than for use. The writer is of opinion that from the beginning it served the double purpose of currency and ornament, the latter idea even predominating. It is needless to say that barter, as still practised among wild tribes, was the earliest form of trade. In the next stage of development, some valuable things were chosen as medium for facilitating exchange. They would naturally be objects which the tribe or tribes desired to possess; they consisted namely, of jewels, feathers for ornamental purposes, etc., in some regions, while in other regions clothing,

grain, salt and other foodstuffs, cattle or even slaves were chosen for the purpose. This is the origin of money in primitive communities. Later rare things came to be prized just like the commodities above mentioned; the "Palau money" greatly valued and worn as ornament by the women may be cited as an instance. At first sight, the stone money in Yap has no other object except that of serving as currency like coins in civilized countries. The stone wheels, however, are greater in value in proportion to their size and fineness in manufacture, and they are arranged out of doors. Judging from the circumstance that all varieties of primitive money possessed some immediate practical value as an ornament, food-stuff, etc., it may be proper to conclude that, besides possessing the function of currency, the stone money of Yap served also as ornament, displaying the wealth of its owner.

3. **Shell Money in Yap.**—Two varieties of shell money are found in circulation in Yap, together with stone money. They are of bivalves commonly called pearl-shell, consisting of large shells and smaller ones. The fact that the natives call the large ones "Palau shells" indicates that they are not found in Yap, a reason for their being as valuable as money. As for the shape of shell money, the parts that form the hinge and also the edges opposite are left intact, while the sides are generally cut straight. Any injury to the edges left in a natural state will lessen the value of the money. The piece thus treated has then a hole bored in the umbo or on the hinge of the valve for passing a string or cord through it. In the case of so called "Palau shells," a single piece is of enough value to be used as money; but in the case of smaller ones, six or seven pieces are strung on cords in such a way that each piece is about 18 cm. apart from the other. The length of such a cord sometimes reaches 1.50 m. (Fig. 72). The larger the

shell the greater is its value. The size, that is the value, is measured by the outstretched fingers. A single large shell is worth a string of smaller pieces, and sometimes a small piece of stone money, for it is the stone money that is the highest in value. The shell money is not used as ornament. As already described, however, the natives obtain culinary tools and fishing hooks from shells of this kind. The shells are useful to the islanders in various ways and consequently are in great demand, but they are difficult to obtain, which circumstance perhaps explains why they are used as money. When an influential native

dies, two pieces of shell money are placed upon the body, so that, according to the native belief, the deceased may buy food with them on his way to heaven.¹

As above mentioned, in Yap there are only two kinds of money proper, the stone and shell money. But necklaces made of light scarlet shells and mats of the lemon hibiscus tree, which are articles highly prized by the natives, are also employed as medium of exchange.

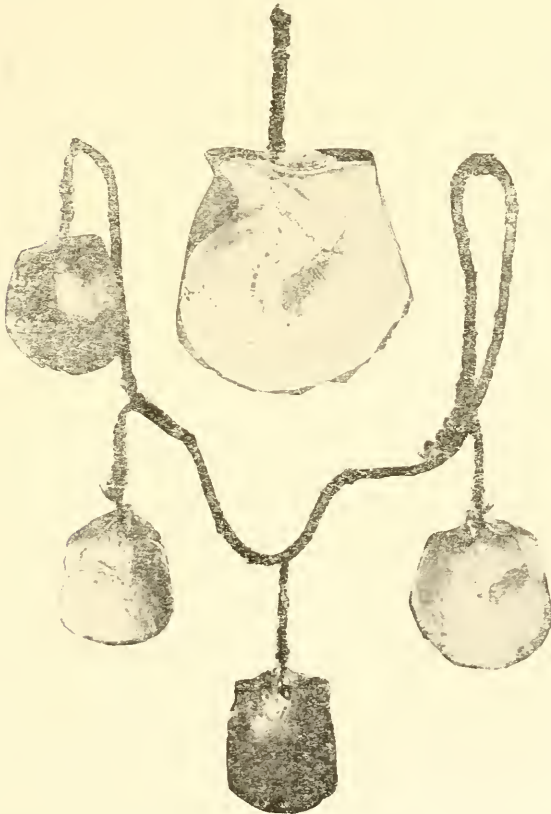


Fig. 72.—Two kinds of shell money from Yap.

¹ W. H. Furness, "The Island of Stone Money," p. 104.

Conclusion.

We shall now recapitulate our ethnographical notes on the East and West Caroline groups presented in the preceding chapters. It might be expected that the introduction of European customs into the East Caroline and Marshall groups would have changed the customs of the natives, redeeming them from their uncivilized condition, while the natives of the West Caroline Islands who still go naked with the exception of the loin-cloth and skirt linger on a lower plane of civilization. This view, however, would not be correct. On the contrary, the natives of the West Carolines are at least in some ways, more civilized than the islanders of the East Caroline group, as is evidenced by the architecture of the former which is certainly far more advanced than that of the latter. The club-houses especially, peculiar to Yap and Palau, are decidedly a credit to the natives; whilst their art in building roads is not to be despised, for these are constructed, permanently and regularly, with stone. On the other hand, it must be admitted that supposing the ruins in Kusaie and Ponapé of the East Caroline group to have been the work of the ancestors of the present dwellers in these islands, they must have possessed remarkable skill in building, for it certainly involved no small difficulty to transport stone materials and construct stone walls.

This may be open to question, but the fact that the natives of the West Caroline Islands stand on a different level of civilization from those of the East Caroline Islanders is undeniable. At the same time, it may be noticed that their manners and customs are also different. For example, the women of the East Carolines wear cloth skirts in contrast to the coarse petticoats worn in the West Caro-

lines. The potter's art is unknown to the natives of the Eastern group, whilst the islanders of the Western group manufacture earthen vessels including earthen lamps. The natives of the East Carolines drink *kava*, whereas the inhabitants of the West Carolines chew betel-nut instead. There is also more or less difference in the decorative patterns between the two groups. As regards the physical characteristics, the natives of the East Carolines are dolichocephalic, with a narrow face and of a medium stature; whereas the islanders of the Western group are mesocephalic or rarely brachycephalic, with a broad face and of a more or less higher stature when compared with the former.

The racial characteristics are always found intermingled, none of them being peculiar to one race. In other words, they partake of the characteristics of the races inhabiting Micronesia and its neighbourhood. Their civilization may be called Malay in origin or application, in that the natives of Micronesia know the art of weaving and wear cloth petticoats or waist-cloths; it is Papuan, in that the women wear coarse petticoats; it is Malay or Melanesian, in that the islanders of the West Carolines make pottery and chew betel-nut; and their manner of preparing food and the drinking of *kava* are shared by the Polynesians and some tribes inhabiting Melanesia. It will thus be seen that the islanders of the East and West Carolines have many things in common with other tribes in Polynesia, Melanesia and the Malay Archipelago.

The fact that they partake of the ethnical characteristics of those races seems to be almost a demonstration that they are tribes of mixed blood. Consequently, as has been stated in the Introductory Remarks, we would not be justified in treating the Micronesians as forming one and the same stock with the Polynesians, this nega-

tive conclusion being confirmed by the study of their ethnographical as well as their physical characteristics. But we cannot believe that racial intermixture has taken place in the East and West Caroline Islands to the same degree, for, from what we saw, they are different both ethnographically and somatologically. The West Carolines are situated nearer to the Philippine Islands and New Guinea than the East Carolines, and the natives of the former seem to possess more racial characteristics in common with the natives of the Philippines and New Guinea than the East Caroline Islanders. This is true not only ethnographically but somatologically as well, inasmuch as not a few natives in Yap and Palau are frizzly haired and brachycephalic. Ethnographically, Polynesian or Melanesian elements are in evidence in the East Caroline group, but not so prominently as is the case in the Western group mentioned above. Of the physical characteristics of the East Caroline Islanders, the same observation may be made. In short, the natives of Micronesia are an intermixture of various neighbouring tribes, and should now be regarded, in the writer's opinion, as constituting a distinct race, the Micronesian, rather than a group belonging to another race.

CONTENTS.

	PAGE
INTRODUCTION	1
PART I.	
THE EAST CAROLINE ISLANDS.	
CHAPTER I. CLOTHING AND PERSONAL ADORNMENT.	14
I. Adornment of the Body.. .. .	14
1. Body-painting.	15
2. Tattooing in General.	18
A. Cicatrization.	18
B. Tattooing... .. .	21
II. Adornment with Objects attached to the Body.. .. .	25
1. Ear Ornaments.. .. .	25
2. Nose Ornaments.	28
III. Adornment with Objects fixed to the Body without Mutilating. .. .	23
1. Hair-dressing and Head Ornaments.	29
2. Necklaces.	34
3. Breast Ornaments.	36
4. Clothing.	36
5. Bracelets.	43
6. Finger-rings.	44
CHAPTER II. FOOD AND OTHER ARTICLES.	44
I. Food... .. .	45
1. Cooking and Culinary Utensils.	45
A. Cooking.	45
B. Culinary Utensils.	50
<i>a.</i> Pounders,— <i>b.</i> Shell Scrapers.— <i>c.</i> Wooden Knives	
— <i>d.</i> Shell Knives.— <i>e.</i> Wooden Bowls.	50
2. Method of Fire-making... .. .	53

	PAGE
3. Preservation of Food.	53
4. Transportation of Food.	54
II. Drinks.	55
III. Tobacco and Liquors.	56
Kava.	56
CHAPTER III. DWELLINGS AND HOUSEHOLD UTENSILS.	58
I. Truk.	58
1. Dwellings	58
Mosquito-nets.—Lights.	60
2. Kitchen-sheds.	61
3. Canoe Houses.	61
II. Ponapé.	62
III. Kusaie.	63
IV. Jaluit.	64
Matting.	64
CHAPTER IV. NAVIGATION AND FISHING.	66
I. Navigation.	66
1. Canoes.	66
Prow Ornaments.—Canoe Balers.	69
2. Charts.	75
II. Fishing.	77
CHAPTER V. IMPLEMENTS AND WEAPONS.	79
I. Implements.	79
II. Weapons.	82
1. Spears.	82
2. Clubs	82
3. Slings.	82
CHAPTER VI. DECORATIVE PATTERNS	84
CHAPTER VII. CASTRATION	86
CHAPTER VIII. MISCELLANY.	91
1. Cold Bath	91
2. Manners.	92

	PAGE
3. Fortune-telling	92
4. Lover's Wand.	93

PART II.

THE WEST CAROLINE ISLANDS.

CHAPTER I. CLOTHING AND PERSONAL ADORNMENT.	95
I. Adornment of the Body	95
1. Body-painting.	95
2. Teeth-blackening.	96
3. Tattooing in General.	98
A. Cicatrization.	98
B. Tattooing.	98
4. Nose-deforming.	106
5. Beard-plucking.	106
II. Adornment with Objects attached to the Body.	107
1. Ear Ornaments.	107
2. Nose Ornaments.	108
III. Adornment with Objects fixed to the Body without Mutilating.	109
1. Hair-dressing and Head Ornaments.	109
2. Necklaces.	114
3. Loin-cloth and Petticoat.	115
4. Rain Caps.	119
5. Bracelets.	119
6. Finger-rings.	122
7. Anklets.	123
CHAPTER II. FOOD AND OTHER ARTICLES.	123
I. Food and Drink.	123
1. Cooking and Culinary Utensils.	125
A. Cooking.	125
B. Culinary Utensils.	126
<i>a.</i> Earthen Pots.— <i>b.</i> Wooden Food-bowls.— <i>c.</i> Taro-table.— <i>d.</i> Tortoise-shell Utensils.— <i>e.</i> Natural	

	PAGE
Objects as Utensils.— <i>f.</i> Racks.	127
2. Method of Fire-making	135
II. Tobacco, Betel-nut, etc.	136
Betel-nut chewing.	136
CHAPTER III. DWELLINGS AND HOUSEHOLD UTENSILS.	141
I. Yap.	141
1. Dwellings.	141
2. Club Houses.	143
II. Palau.	144
1. Dwellings.	144
Earthen Lamps.—Tombs.	145
2. Club Houses.	146
CHAPTER IV. IMPLEMENTS AND WEAPONS	155
I. Implements.	155
II. Weapons.	156
1. Spears.	156
2. Darts.	157
3. Wooden Swords and Daggers.	157
CHAPTER V. DECORATIVE PATTERNS.	158
CHAPTER VI. MONEY.	161
1. Palau Money.	161
2. Stone Money of Yap.	162
3. Shell Money in Yap.	166
CONCLUSION.	168

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE I.

Explanation of Plate I.

Fig. 1.—A man of Fefän, Truk, aged 45, with a hole in the right and the left ear-lobe. The one in the left measures 121 mm. in long diameter, the other in the right 130 mm. A Truk man with typical features.

Fig. 2.—A native of Wola, Truk, aged 35, with pierced ear-lobes hung on the auricle from the front. This is to prevent the lobes from shaking while working.

Fig. 3.—A man of Toloas, Truk, aged 37, with ear-lobes pierced and hung on the auricle from behind.



1



2



3

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE II.

Explanation of Plate II.

A man of Toloas, Truk, aged 35, wearing ear-rings. The white ones are of shell, the black ones of coconut rings. In the left ear alone there are 77 rings, weighing 230 gm. Some of the necklaces he wears are made of the teeth of dogs or pigs. He has a wooden comb on his right temple, while his garment is of cotton, poncho-like in shape.



A. Matsumura: Ethnography of Micronesia.

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE III.

Explanation of Plate III.

Fig. 1.—A man of Toloas, Truk, aged 25, wearing a comb.

Fig. 2.—Front view of the same.



A. Matsumura: Ethnography of Micronesia.

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE IV.

Explanation of Plate IV.

Fig. 1.—Group of girls of Wola, Truk, dressed in foreign style. Girls are now usually dressed as shown in this figure.

Fig. 2.—Two girls of Toloas, Truk, attired in poncho-like garments and petticoats. Their heads are adorned with flowers and they wear large rings on their ears,—a typical style for girls.



A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE V.

Explanation of Plate V.

Fig. 1.—A woman and a young bread-fruit tree at Toloas, Truk. The tree grows so large that a canoe may be built of its trunk. Strings are attached to the fruit on the tree, I could not ascertain for what purpose.

Fig. 2.—A taro field at Toloas, Truk. The taro is grown on low ground, women attending to its cultivation.



1

A. Matsumura: Ethnography of Micronesia.



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE VI.

Explanation of Plate VI.

- Fig. 1.—The paring of bread-fruit at Toloas, Truk. The black balls are fruit not yet pared, while from the white ones at the left corner, the rinds have already been removed. A scraper made of cowry shell is held by the old man in his right hand. This figure shows the paring process in preparing food for cooking or storing.
- Fig. 2.—A woman carrying food, Toloas, Truk. She has bread-fruit cakes wrapped in banana leaves, on her head. The bread-fruit cooked by men in kitchen-sheds is thus carried by women to their dwellings.
- Fig. 3.—Transportation of bread-fruit, at Fefän, Truk. Some 15 or 16 bread-fruit are fastened to either end of a pole, and this pole is carried by the native on his shoulder. Two places regularly paved with stones indicate where the bread-fruit is stored underground.



1



2



3

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA

PLATE VII.

Explanation of Plate VII.

Fig. 1.—A native dwelling-house at Wola, Truk. It is a hut built among bread-fruit trees, of poles driven into the ground. The sides are all open except the section where the family sleep. The hut is one of the simplest dwellings in Truk.

Fig. 2.—Another dwelling-house at Toloas, Truk, more advanced in structure than the one shown above. It is a typical Truk house, with low overhanging eaves, no windows and only a small entrance. The inside of the house is dusky.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE VIII.

Explanation of Plate VIII.

Fig. 1.—Truk canoe, with bananas on board, approaching our ship.

Fig. 2.—A canoe-house, at Fefäu, Truk. It is built of larger timbers, with eaves only slightly overhanging, this is worth noticing among the primitive buildings in the island. At the right lies a canoe, with a prow ornament.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE IX.

Explanation of Plate IX.

Fig. 1.—Women fishing with nets on a reef at Toloas, Truk. The woman at the extreme right wears a hat made of pandanus leaves. It is worn when going abroad, as when fishing.

Fig. 2.—Fisherwomen of Fefän, Truk.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE X.

Explanation of Plate X.

Fig. 1.—Women and boys bathing, at Toloas, Truk. They are splashing water on themselves, undeterred by its extreme muddiness.

Fig. 2.—A group of men, at Wola, Truk.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA

PLATE XI.

Explanation of Plate XI.

Fig. 1.—Inhabitants of Jokaj, Ponapé, who are settlers from Mokil.

Fig. 2.—Natives of Ponapé. Photographed at Tomil, a harbour on Yap.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XII.

Explanation of Plate XII.

Fig. 1.—Pingelap women at Jokaj, Ponapé.

Fig. 2.—Inhabitants of Jokaj, Ponapé, who are settlers from Pingelap. In 1910, when the natives of Jokaj revolted, the ringleaders were caught and executed, and the other villagers deported to the West Caroline Islands; while the district was repeopled by settlers from Pingelap and Mokil, etc.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XIII.

Explanation of Plate XIII.

Fig. 1.—Pingelap settlers at Jokaj, Ponapé, engaged in storing bread-fruit underground. They are covering the pared fruit with banana leaves, etc.

Fig. 2.—Mokil women at Jokaj, Ponapé, who go generally half-naked. They wear skirts of European style, different from those worn by the women of Truk.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XIV.

Explanation of Plate XIV.

Fig. 1.—A village of Pingelap settlers at Jokaj, Ponapé. As shown in the figure, the floor of the houses consists of logs laid across the room. There are walls, but of a very primitive nature. The front, i.e., the side facing the road is always open, it is not provided with doors. The roof is too low for the inmates to stand upright in the interior.

Fig. 2.—Native houses of Mokil settlers at Jokaj, Ponapé. The building in front is the dwelling-house, the size of which is about 3 by 4 m. The sides are all open, excepting the sleeping section. We are told that the building in the rear is a women's club-house. We saw a number of women frequenting it, but are not sure whether the building was really a club-house or not. So far as my observation or information went, there was no women's house in other islands of the Caroline group, though there are club-houses for women in the Philippine Islands.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XV.

Explanation of Plate XV.

Fig. 1.—Women of Lele, Kusaie, one of them is making nets.

Fig. 2.—Women and girls of Lele, Kusaie. The islanders of Kusaie are the most Europeanized among the natives of the Caroline Islands. They dress in European style as shown in this figure, and never wear the poncho-like garment. Two or three women in this figure have wreaths of grass on their heads. The young woman in the center holds a man's hat. Hats are made by women. A house stands in the background with walls typical of the dwellings in Kusaie.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA

PLATE XVI.

Explanation of Plate XVI.

Fig. 1.—A dwelling-house and kitchen-shed at Lele, Kusaie. The larger building is the dwelling-house and the smaller one the kitchen-shed. The dwelling-place in Kusaie usually consists of these two buildings, which are generally built on stone foundations. The dwelling-house has a floor; while the kitchen-shed has none, i.e., the bare ground serving as one. The latter is more roughly built than the former.

Fig. 2.—The construction of a canoe at Lele, Kusaie. Built by hewing out a trunk of the bread-fruit tree(?), with iron implements. Formerly shell chisels were employed for the purpose, as may be seen from the fact that the natives of Kusaie still have such chisels in their possession.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XVII.

Explanation of Plate XVII.

Fig. 1.—Men and women of Jabor, Jaluit. Jabor is one of the best harbours in the Marshall Islands, it is frequented by foreign vessels. The islanders are generally Europeanized, and seldom go naked. This may be due largely to the influence of Christianity. This figure shows them in their everyday clothes.

Fig. 2.—Coconut scraping at Jabor, Jaluit. The girl on the right side is astride on the apparatus, scraping coconut meat into a basin.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XVIII.

Explanation of Plate XVIII.

Fig. 1.—A group of men and women of Jabor, Jaluit.

Fig. 2.—Plaiting at Jabor, Jaluit. The woman at the left in this figure is making ribbons of pandanus leaves (?). Women of the Marshall Islands are skilful in plaiting, producing beautiful mats. In this figure one portion of the native dwelling is also shown. The family sleep on mats placed over fragments from coral reefs. There are three kinds of mats, of which two are shown in the figure, the third (Pl. XXXIV, fig. 10) being of a superior kind as has been mentioned in the text.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XIX.

Explanation of Plate XIX.

Fig. 1.—A canoe at Jabor, Jaluit. The canoe of the Marshall Islanders has its bottom hewn from the trunk of a tree, the sides consisting of separate boards. It has an outrigger almost as long as itself. Its bow and stern do not rise so erect as those of a Truk canoe. The high mast carries a sail plaited of pandanus leaves. The Truk Islanders also build the sides of their canoes of separate boards, and use mat sails.

Fig. 2.—A native house at Jabor, Jaluit. Houses in Jaluit are generally simple and small, the roofs are thatched with pandanus leaves and the walls are also made of the same leaves. Some houses have board walls, but this is of course rare. The art of house building in Jaluit shows little progress as compared with the Europeanization of their clothing.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XX.

Explanation of Plate XX.

Fig. 1.—Two men and a woman of Yap.

Fig. 2.—Men of the Yap Islands. Besides the loin-cloth, they wear a long belt made of the inner bark of hibiscus, partly as ornament. On their left wrists they wear tortoise-shell bracelets. Each of them carries a basket plaited with leaves in his hand, containing tobacco and things used in chewing betel-nut. A cylinder, protruding from the basket held by the man in the center, is a lime-holder. The same man also wears an anklet on the right leg. Under their arms they carry pieces of the bark of the betel-nut tree(?), which they use for sitting upon. Notice the toes of the man at the extreme right.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXI.

Explanation of Plate XXI.

Fig. 1.—Three women and two children near Tomil, Yap. Each of the women has a neck ornament made of hibiscus bast dyed black. Every woman and marriageable girls must wear this ornament, the lack of which is considered disgraceful. The women in this figure have large petticoats made of coco-tree leaves. Little girls, carried in their mothers' arms, must also wear the same kind of petticoat. They wear several rings of shell and coconut shell on their arms.

Fig. 2.—Woman from Yap.



1



2

A. Matsumura: Ethnography of Micronesia.

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXII.

Explanation of Plate XXII.

Fig. 1.—A native house near Tomil, Yap, rude in structure and small in size.

Fig. 2.—Part of the premises of a native dwelling near Tomil, Yap. The woman is plaiting a large basket with coco-tree leaves. The stone wheels at the left are currency.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXIII.

Explanation of Plate XXIII.

Fig. 1.—A club-house(?) near Tomil, Yap. Most of the club-houses are built on stone foundations in the shape of raised platforms, on the seashore. They are among the “sights” of the West Caroline Islands.

Fig. 2.—Part of the ground in front of a club-house near Tomil, Yap. The ground around the building is covered with flat stones, with additional stones some 80 cm. in height standing in a slanting position on the pavement. When the natives come together for a conference, they recline against these stones, just as the man shown in this figure is doing. The ground in front of the building is not small, since it serves as a dancing-place. Pieces of stone money of various size are arranged round the building.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXIV.

Explanation of Plate XXIV.

Fig. 1.—A large piece of stone money by the roadside near Tomil, Yap, with a diameter of 1.93 m., the hole itself being 40 cm. in diameter. It is of limestone from Palau.

Fig. 2.—Pieces of stone money arranged by the roadside in front of a club-house near Tomil, Yap. Particularly large collections of such pieces are found around club-houses. The natives are proud of their collections as showing the amount of their wealth. The pieces are of various sizes, but the most common are some 60 cm. in diameter.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXV.

Explanation of Plate XXV.

Chiefs of Koror, Palau, in their typical dress, with the exception of one or two. The old man in the center, who wears a helmet, is the Aybathul, a chief of the first rank. He is practically king of all Palau, for his influence extends over the whole islands. He wears an armlet consisting of the atlas vertebra of the dugong; this ornament is the "Order of the Bone," a symbol of dignity. The same kind of armlet is also worn by the old man, the second from the right. Each of the chiefs has a bag plaited with leaves, which contains things used in betel-nut chewing, etc. The old man left of the Aybathul has a hatchet, which also serves as a knife, on his shoulder. Grown up men go about carrying their hatchets in this manner.



A. Matsumura : Ethnography of Micronesia.

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXVI.

Explanation of Plate XXVI.

Figs. 1 and 2.—Women and girls of Koror, Palau, dressed in their typical native style. The petticoats consist of two pieces, front and back, which are made of stems of the *Elcocharis plantaginca*. In most cases, narrow belts which are plaited of pandanus leaves and coloured woollen yarn are worn, but sometimes imported cotton cords are met with as shown in these pictures. Such cords or belts must be worn by girls of marriageable age, like the neck cords worn by the women of Yap. Two little girls in Fig. 1 are too young to wear the belt or cord. The third girl from the left in Fig. 1, and the woman at the left end in Fig. 2 wear necklaces of so-called Palau money, which is highly prized by the natives. The women in Fig. 2 carry tobacco-holders under their petticoats. Notice the frizzy hair of some of the women and the manner of holding the child.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXVII.

Explanation of Plate XXVII.

Fig. 1.—A dance of children of Koror, Palau. They dance in a circle, singing and making various gestures.

Fig. 2.—A group of boys in front of a club-house at Koror, Palau. Like grown-up men, they wear nothing but the loin-cloth.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXVIII.

Explanation of Plate XXVIII.

Fig. 1.—The dwelling and kitchen-house of the Aybathul, at Koror, Palau.

The front building is the kitchen-house, while the building in the rear is the dwelling-house. Both have floors and large entrances, much better than similar buildings in the East Carolines.

Fig. 2.—A typical native house at Koror, Palau. The stone platform in front of the dwelling is the family tomb. Each house has such a tomb.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXIX.

Explanation of Plate XXIX

The council-house for chiefs at Koror, Palau. The building stands on a substructure of stones. It is some 5 by 16 m., with a floor about 1.20 m. above the ground and also a very steep roof. It is full of carvings both inside and outside the building, which are painted white, red, black, yellow, etc. Some of these carvings form decorative patterns, but most of them may be called pictorial records. Villagers in general, particularly women and girls, are strictly forbidden to enter the council-house. Close by this building stands the young men's club-house.



A. Matsumura: Ethnography of Micronesia.

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXX.

Explanation of Plate XXX.

Fig. 1.—Girls carrying loads on their heads, Koror, Palau. The left girl carries on her head a vessel made of two pieces of the bark of the betel-nut tree (?). She also carries a vessel made of the same material under her arm. The girl on the right has a basket of plaited leaves on her head. This custom of carrying things on the head prevails extensively among the natives.

Fig. 2.—The club-house at Koror, Palau. Formerly it was in the village, but was moved during German rule to the site opposite the governor's office, where it now stands. It, however, retains its old appearance and is carved extensively both in and outside.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA

PLATE XXXI.

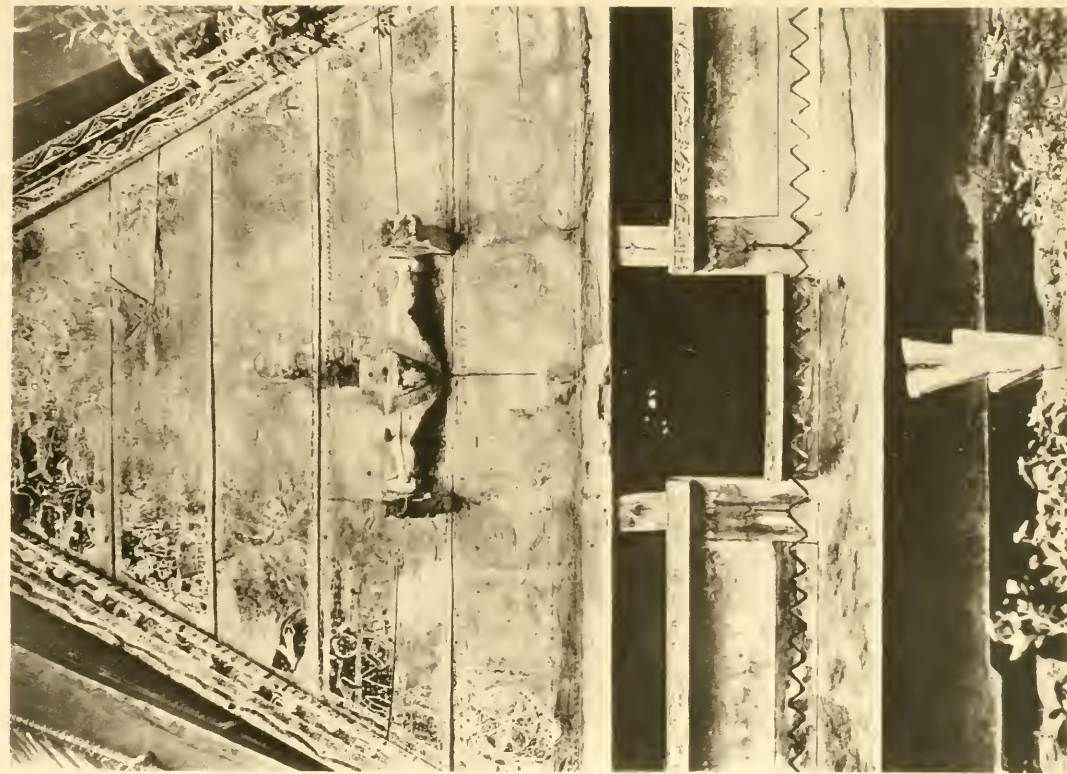
Explanation of Plate XXXI.

Fig. 1.—A shrine at Koror, Palau. In its structure, it is a club-house in miniature, being about 1 by 2 m. It has simple carvings on the outside, but has no idol or image of a deity, though it is a place of worship.

Fig. 2.—The entrance to the young men's club-house at Koror, Palau, and the carvings on its gable. Besides decorative patterns and pictorial records, the gable has a carved figure representing a woman stretching her lower limbs (See also Fig. 39 in the text). This furnishes material for studying tattoos on the lower limbs of women. The upper part, however, of the figure is now gone, it was destroyed on moral grounds. The door-steps consist of logs with notches. Ordinary dwelling-houses have similar steps.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXXII.

· Explanation of Plate XXXII.

Figs. 1 and 2.—Women of Tanapag village, Saipan. The natives of Saipan, with the exception of the Chamorro tribe, are the offspring of settlers from the Caroline Islands. They resemble the natives of Truk in many points. Their personal adornment is much the same as that of the Truk Islanders, but the women of Saipan are generally half-naked. The band fastened above the petticoat consists of a series of shell rings much prized in Truk. The custom of wearing ornaments through a hole made in the ear-lobe is in vogue among the islanders. Notice the manner of holding the child.



1



2

A. MATSUMURA:
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXXIII.

Explanation of Plate XXXIII.

Fig. 1.—Three girls of the Chamorro tribe in Garapan, Saipan. The Chamorro tribe and the Caroline Islanders seem to be from different stocks, the former being probably allied with the natives of the Philippine Islands. Both men and women of the Chamorro tribe dress in European style, but women's clothing consists of an upper garment and skirt, unlike those worn by the natives of the Carolines. The Chamorros seem to be fond of white clothes. They wear sandals made of leather, a fact not seen in other South Sea Islands under Japanese occupation.

Fig. 2.—Men and women of the Chamorro tribe in Garapan, Saipan.



1



2

A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXXIV.

Explanation of Plate XXXIV.

Fig. 1.—A wreath (sometimes used as a necklace) worn by the Mokil settlers at Jokaj, Ponapé. It consists of flowers of the *Cuesalpinia pulcherrima* and leaves of a *Pteris* sp.

Figs. 2-4.—Shell necklaces from Truk.

Figs. 5 and 6.—Combs decorated with feathers from Truk.

Fig. 7.—A wreath made of flowers of the *Guetarda speciosa* and leaves of a *Polypodium* sp. worn by Jaluit women.

Figs. 8 and 9.—Bands worn by Truk women. They consist of small coconut and shell rings strung on strings.

Fig. 10.—Mat from Jaluit. Skilfully plaited and quite beautiful, they are sometimes worn round the waist by men and women. The size of this mat is 73 cm square.



A. MATSUMURA :
ETHNOGRAPHY OF MICRONESIA.

PLATE XXXV.

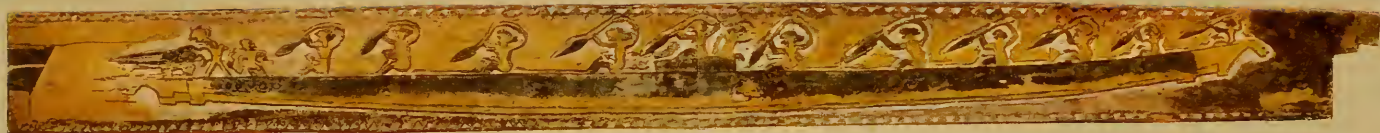
Explanation of Plate XXXV.

This plate shows the section of a cross-beam from the chiefs' club-house at Koror, Palau (Pl. XXIX) which was given us as a present and is now in the Anthropological Institute of the Tokyo Imperial University. It is not certain what wood the cross-beam is made of, though it seems to have been obtained from the bread-fruit tree. The section shown in this plate is a square piece some 2.70 m. in length and 24 cm. in breadth at the widest part, and is carved on all sides except the upper.

The first is the representation of a whaler which once visited the islands. It has a gun at the bow. Each person holds a paddle. All are naked, and their posture, etc., are very characteristic of the natives, so it may be supposed that the figures represent those islanders who were hired to work on board of the whaler.

The second and third series of carvings are possibly tales from the native mythology or tradition, but the information furnished by the islanders on this point was very imperfect. So far as the carvings themselves go, the second series are figures of men and alligators, the man in the middle is about to be swallowed by the alligator.

The third series consist of figures of men and women, together with two dark figures which probably indicate club-houses. The carving on the roof of the house at the right end shows a man who is perhaps watching what is happening on at a distance. One or two persons have several black lines projecting from the back of the waist, which probably indicate petticoats, hence the persons represented must be women. The figures affixed in front with a characteristic symbol, reddish brown in colour, show that they are men. The conduct of the two persons at the left end needs no remarking.



On the Cretaceous Flora of Russian Sakhalin.

By

A. KRYSHTOFOVICH,

Geologist to the Geological Survey of Russia.

With 15 figures in the text.

I. Introduction.

The fossil flora of the Island of Sakhalin, which is very rich in species, has been a subject of investigations since the middle of the last century, and has hitherto been regarded as exclusively of the Miocene age.

But after the paleobotanical studies there, in the summer of 1917, I came to the conclusion, that its so-called Miocene flora belongs in fact to several geological horizons, not only of the Tertiary period, but also of the Cretaceous. Nearly all the fossil plants of Russia, hitherto described as Cretaceous, belong to the typical Mesozoic flora. The flora of the Klin sandstone, represented by ferns, conifers and cycads, and described by AUERBACH (1844), EICHWALD (1862; 1865), and TRAUTSCHOLD (1876), probably belongs to the Barremian. Except some true Cretaceous woods, recorded by MERCKLIN (1855) and KREDOVSKY (1880), nearly all the so-called Cretaceous plant fossils in Russia are of some other age; for instance, the plants in the white quartz-sandstone of South Russia, described by EICHWALD as *Quercus venulosa*,

Q. spathulata,¹⁾ etc. are decidedly not Cretaceous but Paleogene, though Miss STORES recently took them for Neocomian,²⁾ as did EICHWALD. But the single specimen of *Platanus* cf. *Heeri*, reported by ROMANOWSKY³⁾ from Western Turkestan, is doubtless Cretaceous; though that leaf was quite erroneously regarded by Prof. SEWARD⁴⁾ as belonging to the Jurassic fern *Clathropteris*. The first treatment of a more complete and well preserved flora of Cretaceous (Cenomanian) Angiosperms from the Ural Province was recently announced by the present author,⁵⁾ as follows:

Pteris frigida HR. ?

Asplenium Dicksonianum HR.

Pinus Quenstedtii HR. ?

Platanus (*Credneria*) *Geinitziana* UNG.

P. (Cr.) Velenovskiyana KRASS.

P. (Cr.) cuneifolia BRONN.

Platanus sp.

Zizyphus dakotensis LESQ.

Cissites uralensis KRYSHT.

Sterculia Vinokurovii KRYSHT.

But I have now come to the conclusion, that besides these scarce materials, many luxuriant Cretaceous floras from Siberia have for a long time been regarded as of the "Tertiary" and "Miocene." Most of these have not been revised since the first publication, notwithstanding the great progress in Paleobotany.

The most important work on these fossil floras appears to be the "Miocene Flora der Insel Sachalin," in which HEER (1878) described a mixture of Tertiary and Cretaceous plants as altogether Miocene.

1) EICHWALD (1865), p. 62, 63, pl. III, f. 9, 10, 11.

2) STORES (1913), p. 196.

3) ROMANOWSKY (1890), vol. III, p. 139-141.

4) SEWARD (1907), p. 43.

5) KRYSHTOFVICH (1914), p. 603.

I further consider as true Cretaceous, the peculiar flora of Simonova¹⁾ in South West Siberia, from the river Chulym, announced as Miocene by HEER.²⁾ Many local floras of Amurland³⁾ will probably belong to the Laramie age or Upper Cretaceous.

But before a full revision of them is made we can not use them for comparison.

Later studies on the fossil flora of Sakhalin.

The plant remains of Sakhalin⁴⁾ appeared so very conspicuous in the stratigraphy, that their study was taken up at the very beginning of explorations in the island. They have been collected by SCHMIDT at Cape Khoijnju near Post Dui, by GLEHN and KOEPFEN at Mgach, and by ANDREA at Nayassi and Sertunai. Besides, Admiral FURUHJELM has sent some of the fossils to Stockholm without exact statement of the locality. All these collections were treated of by HEER in some of his papers,⁵⁾ especially in one large monograph⁶⁾ which appeared in 1878, in which he describes seventy four different forms. Of these five are Pteridophytæ, two Cyca-
dales, one Ginkgo, four Coniferæ and all the rest Angiospermæ, the materials being mostly from Mgach and Dui (Khoijnju). During these forty years, the work remained unrevised and was taken as a standard work for all the Tertiary Arctic floras; HEER's views expressed there have until now met with no objections. But now it seems to me to contain many misleading determinations of

1) HEER (1878 b), p. 36.

2) Even the famous savant of Arctic floras, Prof. NATHORST, has expressed, already in 1888. p. 54, foot note, his suspicion about the Tertiary age of the Simonova flora, but said nothing whatever about that of Sakhalin.

3) HEER (1878 b), pp. 44-50; KONSTANTOW (1914).

4) In the present paper I intend to imply by the name "Island of Sakhalin" the entire island in a geographical sense, while by the word "Sakhalin" only the Russian part. The Japanese part will be called specially "Japanese Sakhalin."

5) HEER (1871 c); id. (1874 a); id. (1878 d).

6) HEER (1878 c).

forms, the undoubtedly Cretaceous species being included among the Tertiary ones, for example a *Nilssonia*, which is a characteristic Mesozoic representative.

Although some bulky collections of plant fossils were made afterwards in the whole of Russian Sakhalin, during 1908–1910, by N. TIKHONOVICH and P. POLEVOI, nothing new has been published about them, all being left untouched and consequently not made use of in their scheme of stratigraphy.¹⁾ This lack of investigation necessitated a more careful study *IN SITU*, for which I was specially dispatched by our Russian Geological Survey in 1917.

A little before, Mr. POLEVOI put at my disposal a few remains of the plants, found in a collection in Petrograd. A glance at these plant impressions raised my suspicion about the correctness of age-determination of the older Dui Series and the Mgach Series believed to be younger, for the fossils from Mgach really looked just as old as the plant remains from Pilevo, correctly taken as Cretaceous by POLEVOI. But the authority of the great paleobotanist HEER and the actual presence of true Tertiary plants in collections from Mgach elaborated by him did not allow me to make such a considerable change in the dominating views about the age of the Mgach flora. However, in our first trip to the environs of Alexandrofsk we collected, in strata hitherto believed to be Tertiary, true Cretaceous plants allied to those found in the Dakota Series. We were thus convinced of the quite unexpected presence of a Cretaceous flora of a considerably low horizon in Sakhalin. The collections made by Mr. POLEVOI, Miss STADNICHENKO and myself in the littoral outcrop of Mgach also proved the occurrence of a Cretaceous flora, but in the upper parts of the same cliffs and also in the coal bearing beds of the Mgach coal mine,

1) TIKHONOVICH and POLEVOI (1915).

lying one and a half kilometers inland, we discovered a flora with decidedly Tertiary aspect, containing *Acer*, *Juglans*, *Carpinus*, *Quercus* etc., without any elements resembling the flora of underlying beds. Such a presence of two different floras side by side has misled SCHMIDT and HEER. The latter, in his endeavour to modernize the age of Arctic floras, has altogether neglected the occurrence of *Nilssonia*. SCHMIDT thinking, that the broad-leaved floras of Sakhalin are generally Tertiary, was content to explain the relations of the beds at Cape de la Jonquière by inversion,¹⁾ where steep and partly even vertical strata show the actual order of succession, with basalt covering the conglomerates above the *Inoceramus* and *Ammonites* beds, which are again underlain by sandstones with broad leaves.

During the three months of last summer I visited the western coast from Cape Rogatyi to Cape Boshniak, the distance being nearly one hundred kilometers. A more detailed paleobotanical study was made of the seashore from Cape Spassionyi on the south to the village Mgach on the north, and the inland district from here to the Western Range. The plant-remains there are so abundantly imbedded in nearly all the horizons of the Tertiary and Cretaceous, that the quantity of materials collected was limited owing to difficulties of transport and length of time at my disposal. Nearly 200 outcrops with plant-remains, both Tertiary and Cretaceous, were examined. More or less complete collections were made in about ten localities, on the route from Cape Khoinju to Cape Tangi.

In several localities, near Cape Rogatyi, at Cape de la Jonquière, at the coal mine "Tretya Padj" in the vicinity of Alexandrofsk, and the village Krasnyi Yar, the plant impressions were

1) SCHMIDT (1873).

found closely connected with the Cretaceous fauna. The plant-remains have been found to represent different horizons of Cretaceous and caused a considerable change in the stratigraphy of Sakhalin.

Although I was not able to look through the whole of our collections, but only a small part of it presented to the Imperial University of Tōkyō and the Geological Survey of Japan, I could determine not less than thirty four different species. Some of the plants were preliminarily determined, either *IN SITU* or only from my sketches.

When the present paper was nearly finished, Dr. H. TANAKADATE kindly showed me his manuscript, written in 1908, entitled "General Geology of the southern part of the Naibuchi Coal-field on the river Onnenai, Sakhalin." The Cretaceous of South Sakhalin, which he computes to be 3000 feet in thickness, he compared with the upper part of the Senonian in Hokkaidō, and found there, together with *Ammonites* and other animal fossils, several plants, as

Sequoia Reichenbachii (GEIN.) HEER v. *longifolia* WILL.

S. fastigiata STERN. (?)

Thyrsopteris cf. *varians* WILL.

Ginkgo sp. A.

Ginkgo sp. B.

and some seeds and cones. These plants he compared with the Upper and Middle Cretaceous forms of Europe and America. Besides, Mr. TANAKADATE and Prof. JIMBŌ have kindly shown me a part of their collections from Sakhalin.

II. Geological sketch of the "Coal mining district."

The part of Sakhalin, which we investigated, consists of Tertiary and Cretaceous deposits, besides more or less consolidated Post-pliocene gravels and Alluvium. The Tertiary occupies a far less

extensive area than was formerly believed. The lower part of the Tertiary rocks, just as in Japanese Sakhalin and in Hokkaidō, is lying conformably upon the Cretaceous, with two thick conglomerates at the boundary, which are intercalated with thin layers of coal-bearing shales. The relation between the Lower and Upper Tertiary coal-bearing rocks have not been well observed, but the latter rest disconcordantly upon the Cretaceous, being itself only slightly disturbed.

The Lower Tertiary or the Dui Series is chiefly coal-bearing and consists of sandstones, some conglomerates and shales with coals, which are partly of a good coking quality. This Tertiary includes two different horizons of shales with marine shells which have not yet been determined, besides there are some basalt sheets with tuffs associated with them, and mainly overlying the marine strata of the Series.

The Upper or Mgach Series consists chiefly of rather loose sandstones and shales with some seams of long-flamed coal in the lower part, which are covered by loose light-grey clayish sandstones and clays with marine shells.

The Dui Series is found on the sea coast only between Cape Rogatyi and Cape de la Jonquière, being partly disturbed and pierced or replaced by basaltic effusives. A little to the south of a line drawn between Khoijnju and Krasny Yar, the Lower Tertiary rises up just to the ridge of the Coastal Range.

The other places of the coast are occupied only by the Cretaceous and by coal-bearing and marine divisions of the Younger Tertiary.

The valley of the river Dui, (officially called now "Alexandrofka"), represents a deep *graben*, showing a compressed synclinal of the coal-bearing and marine Tertiaries.

The young marine beds appear also on the seashore, from the

north of the mouth of the Dui to the mouth of the Little Sertunai. There are calcareous concretions with *Pecten propatulus* CONR., *Cardium decoratum* GREW., *C. coosense* DALL, *C. calvartensium* GLEHN, *C. meekianum* GABB, *Thracia condoni* DALL, determined by N. TIKHONOVICH and P. POLEVOI.¹⁾

The underlying coal-bearing strata appear only a little inland, as in the Vladimírsky and Mgachinsky coal-mines, which belong to the eastern wing of the coastal anticlinal. More to the north, just at the village Mgach,²⁾ the Tertiary beds, mostly coal-bearing, are found on the sea coast, unconformably overlying the Cretaceous and partly covering it, by simple slipping down along minute faultings in the cliff in an imperfectly consolidated state, and probably partly by more complicated movements. To the north of the village Machi, the high scarp of sea shore consists of nearly horizontal marine deposits, replaced by the Cretaceous only on the space from Cape Tangi to Cape Khoi. There are some indications of the probable occurrence of the Tertiary, developed far inland on the river Tangi.

The general stratigraphy of the Tertiary is not yet clearly established, on account of the want of detailed determination of fossils.

CRETACEOUS. The Cretaceous deposits play an important part in the structure of the western part of Russian Sakhalin in a far greater degree than was formerly assumed. The whole Coastal Range between the river Dui (Alexandrofka) and the Gulf of Tartary is Cretaceous, partly covered by Tertiary rocks, whose lower division is conformable but the upper unconformable with the Cretaceous. The ridge of the Western Range is also Cretaceous, and the rocks appear like steep ribs, projecting out of younger deposits of the

1) TIKHONOVICH and POLEVOI (1915), p. 40.

2) In official writings, the place is called Machi, and the mine Mgach; the latter being the more exact transliteration of the Gyliak original.

loose Tertiary rocks of the Alexandrofka valley. Besides some mighty exposures near Rogatyi, at Spasennyi and at Cape de la Jonquière, the Cretaceous is found also on the sea shore between Little Sertunai and a place lying a little to the north of Myngidai. Another area of Cretaceous extends from a place lying a little to the south of Tangi as far as slightly beyond Cape Khoi.

The part of the Cretaceous of Sakhalin known before and represented by marine deposits was hitherto considered as belonging to the Senonian, and its thickness was estimated at 3500 feet. But we know now that there are also Turonian, Cenomanian and probably even older divisions of the Cretaceous, thus doubling the thickness and making it at least 7000 feet altogether. The new annexed part, represented by these lower divisions, was as a whole treated before as Tertiary.

The strike of the Cretaceous strata is meridional, with some deviations here and there, the dip being generally westward on the sea coast, and chiefly eastward inland, that is to say on the slopes of the Western Range.

The Cretaceous deposits consist of sandstones (partly coarse), conglomerates (gray and bluish-gray) and shales partly carbonaceous; besides some coals, which contain generally more ashes than those of the Tertiaries. All the Cretaceous rocks, except the marine facies, mainly developed in the Coastal Range and belonging to the upper part of the formation, are characterized by numerous impressions of plant leaves in fine rocks and traces of wood in coarse ones. Based on the study of the leaves, I have to propose a triple division of these beds, which will be characterized as follows:

I. THE OROKKIAN SERIES.

This series is made up of light-gray and light-greenish sand-

stones with a few but rather thick intercalations of dark shales, with a fauna composed of *Inoceramus Schmidtii* MICHAEL, *Gaudryceras striatum* JIMBŌ, *Puzosia* cf. *japonica* JIMBŌ, *Pachydiscus* cf. *Jimbōi* YABE, etc. Some of the localities are on both slopes of the Coastal Ranges, but the principal one is at Cape de la Jonquière. According to modern views, the fauna is contemporaneous with that of the *Pachydiscus*-bed of Hokkaidō. But the animal fossils are limited to a very small part of the entire thickness of the series. The other parts above and below are characterized by the presence of leaves of *Populus*, *Credneria*, *Viburnum*, etc., which bring the sediments into the age of the Patoot-Bed of Greenland, which to a greater part belongs to the Senonian, but partly also probably to the Turonian. The presence of the Orokkian Series outside of the Coastal Range, which it composes, was observed in the continental facies on the opposite side of the Alexandrofka graben, that is on the slopes of the Western Range a little above Petrovsky's coal mine. Considering the beds of Cape de la Jonquière as equivalent to the *Pachydiscus*-bed of Hokkaidō, i.e. typically Senonian, we must regard the thick conglomerates occupying the lowermost part of the conformably overlying "Tertiary" as probably the Danian or Laramie. The Orokkian Series was for the greater part deposited continentally; and only in the upper part, that is surely later than the beginning of the Senonian, the transgression of deep sea took place during a short time at places to the south of Alexandrofsk. Coals are found in the uppermost and probably also in the lower part of the Orokkian.

II. THE GYLIAKIAN SERIES.

This series is composed of shallow water sandstones, with thick conglomerates in some places, besides dark-grey shales with coals and coaly shales. This division is characterized only by an

exceptional luxuriance of flora, consisting of ferns, cycades, conifers and dicotyledons, and found to be equivalent to the Atane Bed of Greenland, and the Dakota, Raritan and Magothy of America, all of which essentially correspond to the Cenomanian, but partly to the Turonian, of Europe. The fauna is entirely wanting, but the corresponding series in Hokkaidō is that with *Mammites*, *Pectunculus*, *Thetis*, *Trigonia* and *Lytoceras*.

The deposits of this series are developed on the sea coast, from the Mgach coal mine down to the Gulf of Khoi, however with some interruptions, as mentioned before. They are overlain and in places completely covered by Tertiary strata. Another region of the same series is found on the littoral slope of the Western Range near the Pilenga Pass.

The Orokkian and Gyliakian Series are not actually observed lying one upon the another, and therefore it is not yet possible to draw a sharp boundary line between them. Probably the uppermost part of the beds exposed at Tangi may represent the continental equivalent of the marine beds of the Orokkian.

The type fossils of the Gyliakian are *Nilssonia serotina*, *Protophyllocladus subintegrifolius* and *Aralia Polevoi* n. sp.

III. THE AINUAN SERIES.

Having established the undoubtable presence in Sakhalin of a fossil horizon other than formerly believed, that is the Gyliakian, I ventured to proceed to find one still older. As such I have now to consider the coal-bearing beds in the region of the "Duisko-Nevelsky Coal mine" of ERIKSON to the north-east-east of Alexandrofsk, in the upper course of the rivulet Polovinka. POLEVOI expressed as his opinion, that the abnormal SW dip here marks the existence of an older horizon not yet observed elsewhere. These beds are made up of light-gray sandstones and dark shales

with coals, and are characterized by ferns, chiefly *Gleichenia*, together with some primitive *Dicotyledones*.

The real extent, thickness, composition, as well as the relation to the series above, have not yet been ascertained.

MUTUAL RELATIONS OF THE CRETACEOUS BEDS OF SAKHALIN AND HOKKAIDŌ.

In literature, partly published and partly in manuscript, we find sufficient evidence to regard the Orokkian Series of Russian Sakhalin to have an equivalent in Japanese Sakhalin, which is distinguished by animal remains and a few plant fossils. Nothing, however, can be expressed on the probable equivalents of the Gyliakian and Ainuan in Japanese Sakhalin.

The Cretaceous of Hokkaidō is represented by facies different from those exposed in Sakhalin.¹⁾ Thus, beginning from Cenomanian, the marine beds with rich faunas in Hokkaidō represent rather deep and long existing seas, while contemporaneous deposition in Russian Sakhalin took place mostly on land and partly in shallow seas. Only near the end of the Cretaceous period marine transgression took place in Sakhalin in the horizon corresponding to the *Pachydiscus* horizon of Hokkaidō, and showing homogeneous facies. All the other divisions of the Cretaceous in Russian Sakhalin are represented by shallow sea or continental coal-bearing deposits without any fauna except some tracks of animals, known as *Fucoids*, among these I determined *Gyrochorda* aff. *comosa* HEER on the Tymovskaya river. Probably, the above mentioned transgression did not extend further north than Cape de la Jonquière, all the Cretaceous deposits being continental beyond this limit. The contemporaneous horizons in Russian Sakhalin and Hokkaidō may be represented as follows :

(1 YABE (1909).

	Hokkaidō	Sakhalin	
Senonian	upper <i>Pachydiscus</i>	Orokkian	plant-beds <i>Inoceramus</i> beds
	lower		plant-beds
Turonian	<i>Scaphites</i>	Gyliakian	<i>Pteris</i> , <i>Nilssonia</i> , <i>Aralia Polevoii</i> .
	<i>Mammites</i>		
	<i>Pectunculus</i>		
Cenomanian	<i>Thetis</i>		
	<i>Trigonia</i>		
	<i>Lithoceras</i>		
Lower Cretaceous		Ainuan	<i>Gleichenia</i> , etc.

III. Cretaceous Floras of Sakhalin.

The present enumeration of plant-fossils of Sakhalin has been made with specimens from all the known localities, though a greater part of the collections lie in Petrograd still unpacked. Most of the fossil plants determined are from the Gyliakian Series. The systematic list of all the determined species without subdivision into series is as follows :—

- Gleichenia rigida* HR.,
Gl. Zippei (CORDA) HR.,
Gl. sp. (sectio *Eugleichenia*),

Dicksonia Mamiyai n. sp.,
Asplenium Dicksonianum HR.,
Pecopteris bohémica CORDA,
P. virginicensis FONT.,
Pteris frigida HR.,
Stenopteris Jimbōi n. sp.,
Sagenopteris variabilis (VEL.) VEL.,
Cycas Steenstrupii HR.,
Glossozamites aff. *Schenkii* HR.,
Nilssonia serotina HR.,
Ginkgo sp. A. and B.,
Protophyllocladus subintegrifolius (LESQ.) BERRY,
Dammara borealis HR.,
Sequoia Reichenbachii (GEIN.) HR.,
S. fastigiata STERN.,
S. Smittiana HR.,
Thuja cretacea (HEER) NEWB.,
Populus arctica HR.,
Populus cf. *potomacensis* WARD,
Cocculus aff. *extinctus* VELEN.?,
Credneria aff. *integerrima* ZENK.,
Credneria sp.,
Platanus sp.?,
Bauhinia cretacea NEWB.,
Celastrophyllum Yokoyamai n. sp.,
Aralia Poleroii n. sp.,
A. Tikhonovichii n. sp.,
Hedera McClurii HR.,
Viburnum Schmidtianum HR.,
McClintockia sachalinensis n. sp.

A glance at this table already gives an impression of the

Cretaceous age. When the complete study of all the materials has been made, the number of species will surpass one hundred. The composition of forms from the different localities has enabled me to trace roughly the following evolution of the flora in Sakhalin in three stages from the Middle Cretaceous to the Upper.

1. THE OROKKIAN FLORA.

The Upper Cretaceous in Sakhalin, formerly regarded as its sole representative of this system in this island, contains several animal fossils, belonging to the Senonian. The occurrence of a rich flora, also Senonian, was only observed in 1917 and permitted us to establish a real Senonian standard of flora for all Eastern Asia.

At Cape de la Jonquière, a rich flora has been collected below the *Inoceramus* horizon. It appeared to be that which misled SCHMIDT to the conclusion of an inversion of strata found there, which really does not exist. The same explanation was made by HEER about the Nanaimo Group of Vancouver,¹⁾ with a true Cretaceous fauna and a flora with young aspect.

The following forms were collected in the Orokkian, chiefly at Cape de la Jonquière:

Asplenium Dicksonianum HR.,

Sequoia Smittiana HR.,

Populus arctica HR.,

Credneria sp.,

Hedera McClurii HR.,

Viburnum Schmidtianum HR.

Near Cape Rogatyi, *Populus arctica* and other Dicotyledons were collected above the *Inoceramus* horizon. The specimens from this series, besides those mentioned above, have not yet been fully

1) HEER (1867).

determined by me, so as to allow a detailed comparison with the best known floras of other regions. Still, the above list shows some important features, namely:—1) scarcity of ferns and conifers, 2) abundance of broad-leaf plants, and 3) identity of the floras found above and below the *Inoceramus* horizon. The forms in the list are quite foreign to the overlying Tertiary, with the exception of a few; but they show more affinities with the inferior horizon, the Gyliakian, though looking a little younger than latter. It is not to be denied, that the flora in question bears a close resemblance to some of the so-called Arcto-Tertiary, and I shall put the Orokian flora in the same rank with the Patoot Bed and with the Haldem and Quedlinburg in Europe; these are mostly Senonian and partly Turonian. The animal fossils, corresponding to the Turonian, have not been observed in Sakhalin. The general question as to the age of the so-called Arcto-Tertiary floras and their relations to the Cretaceous in general, necessitates a full revision of previous materials and great care in future collections. For instance, the "Tertiary" beds of Vancouver have already been properly placed into the Cretaceous, though HEER (1867) tried to explain, but erroneously, the apparently underlying position of the really Cretaceous broad-leaved flora by means of inversion of strata. ASA GRAY, GARDNER, and SAPORTA long ago, as KNOWLTON did more recently, expressed their opinion about the Eocene age of the Arctic floras, which HEER treated as Miocene.

Also DAWSON, in his papers on the fossil floras of Canada, persisted in lowering the age of some of them into the Cretaceous, notwithstanding HEER's objections. It is very probable that some of the very typical Upper Cretaceous elements, as *Platanus*, *Populus arctica* and others, represented in the Orokian, have generally passed over into the Tertiary and afterwards widely spread towards the south. Therefore, if not all the Arctic floras with *Populus*

arctica are Upper Cretaceous, at least a part of them must be of this age. We must here keep in mind, moreover, that several collectors took specimens from pebbles together with those from exposures, and generally they were not careful enough in distinguishing them, thus introducing strange elements into some floras, as was noticed by NATHORST,¹⁾ who remarked also that the Tertiary flora of Greenland, with *P. arctica*, is by no means homogeneous, and must be divided into 1) prebasaltic flora with *MacClintockia* and some other ancient forms and 2) basaltic without them. The prebasaltic flora is also to be divided into two horizons. The knowledge of the flora contemporaneous with the *Inoceramus* horizon, which is typically Senonian, gives stronger ground for a critical study of the age of some "Tertiary" floras of Siberia. For instance, the flora, found on the Bureya, a tributary of the Amur river, with *Populus arctica* abundant, which is Miocene according to HEER,²⁾ was recently revised by KONSTANTOW³⁾ and determined as Paleogene. This author, however, speaks about some horizons of different ages in the observed exposure, without arranging different species according to horizons, in his description of the fossils.

I have remarked that the flora of Mount Boguchan on the Amur river, with *Platanus Heeri*, must be Upper Cretaceous, and probably has connection with the *Dinosauria* Bed on the opposite side of the river. After studying the contents of the Senonian flora in the Far East, I am now able to confirm my former opinion on account of similarity of the floras of Boguchan and de la Jonquière. May not the floras of Zagayan on the Bureya and of other places on the Amur be much younger than this, that is, probably equivalent to Laramie? I regard the Anadyr flora, collected by Mining Engineer POLEVOR⁴⁾ as either of the same age

1) NATHORST (1888), p. 52. 2) HEER (1878 b). 3) KONSTANTOW (1914). 4) POLEVOR (1915).

as the Bureya Flora or a little younger, however, the flora of Simonova in West Siberia is surely Cretaceous.

2. THE GYLIAKIAN FLORA.

This flora has been studied, and more exactly than others, with the collections from Mgach. The occurrence of plant-remains in this series is very important, as there are no other fossils for the determination of its age. The following table shows a correlation of the plant fossils with those of the allied floras.¹⁾

Mgach Flora.	Greenland.			Dakota Raritan.	Patapsco.	Europa.		Up. Cret. of Japan.	Remarks on the allied species.
	Kome.	Atane.	Patoot.			Cenom.	Senon.		
<i>Dicksonia Mamiyai</i> n. sp.									
<i>Asplenium Dicksonianum</i> Hr.....	×	×		×		×			
<i>Pecopteris bohémica</i> CORDA		×				×			
<i>Pecopteris virginensis</i> FONT.....					×			×	
<i>Pteris frigida</i> Hr.	×	×				×			{ Allied to <i>S. virginica</i> FONT. of Patapsco.
<i>Stenopteris Jimbōi</i> n. sp.									
<i>Sagenopteris variabilis</i> VEL.				×		×			
<i>Cycas Steenstrupii</i> Hr. ..		×							{ Allied types in Middle and Upper Cretaceous. Allied to forms of Atane.
<i>Nilssonia serotina</i> Hr. ..									
<i>Ginkgo</i> sp.									
<i>Protoph. subintegrifolius</i> BERRY.		×		×					
<i>Dammara borealis</i> Hr. ..		×		×		×			
<i>Sequoia fastigiata</i> STERN.		×	×			×	×		
<i>S. Reichenbachii</i> Hr.	×	×		×	×	×	×		
<i>S. Smittiana</i> Hr.....	×								
<i>Thuja cretacea</i> NEWB. ..		×		×					{ Allied species represented in Upper Cretaceous of Vancouver; same species in Arcto-Tertiary Floras.
<i>Populus arctica</i> Hr.									
<i>Cocculus aff. extinctus</i> VEL.						×			
<i>Credneria aff. integerrima</i> ZENK.....		×					×		
<i>Bauhinia cretacea</i> NEWB.			×						
<i>Celastrophyllum Yokoyamai</i> n. sp.									{ Allied species represented in Raritan Form. Allied species represented in Patapsco. Allied species in Cenomanian of Bohemia.
<i>Aralia Polevoii</i> n. sp. ..									
<i>A. Tikhonovichii</i> n. sp...									

1) *Glossozamites* and *McClintockia sachalinensis* are not included in this table as being found in another locality.

Thus the Gyliakian flora, so far as the plant determination has been completed, consists of 6 ferns, 2 cycads, 2 ginkgos (species not yet identified), 6 conifers and 7 angiosperms, which show altogether a considerably ancient character, especially in connection with the forms other than Angiosperms. We find in the Gyliakian no species which is also represented in the Mgach Tertiary flora. Only *Populus arctica* and perhaps a few other not yet determined species are common to the Gyliakian and the Dui flora which is believed to be Eocene. The Gyliakian is most closely allied to the famous Cretaceous floras of the Atane Beds in Greenland, and also to the Dakota, Raritan, Magothy and Patapsco of America, besides the European Cenomanian. This resemblance is made very clear by the very distant relation of the Gyliakian with the still older floras of Kome in Greenland, and of Arundel (Potomac) in America, also with the later ones of Patoot, Fox-Hills and Laramie. The scarcity of Dicotyledons in Kome is quite in contrast with their abundance and variety in the Gyliakian. If we take, for comparison with our flora, the uppermost horizon of the Potomac Formation, and the Patapsco Bed, on one side, and the more superior flora of Dakota and Raritan on the other, a closer affinity will appear with the latter. Although the Gyliakian flora has some of the forms closely allied to those in Patapsco, there are in our series some typical forms quite common with the Dakota, as *Protophyllocladus subintegrifolius*, *Dammara borealis* and *Bauhinia cretacea*. The presence here of the typical *Populus arctica*, usually found in the highest horizons of the Cretaceous and in the Paleogene also compels us rather to bring up the age of this series into the higher part of the Cretaceous. It is quite probable that the deposition of the Gyliakian was not completed in Cenomanian but continued up to Turonian, perhaps with intervention of conglomerates. In Senonian the area was visited by

marine transgression, but at the same time elsewhere, and especially afterwards, sedimentation was going on steadily in continental conditions.

3. THE AINUAN FLORA.

This flora, observed in Erikson's coal-mine on the river Polovinka, differs very much from the succeeding floras of the Gyliakian and Orokkian, as shown in the following list of the Ainuan plants :—

Gleichenia rigida HR.,

Gleichenia Zippci CORDA *sp.*,

Gleichenia sp.,

Asplenium Dicksonianum HR.,

Populus cf. potomacensis WARD.

The characteristic aspect of this flora, quite strange to that of all Gyliakian localities in the neighbourhood, the predominance of ferns, the greater part of which still remains undetermined, and the scarcity of Angiosperms, bring us to the conclusion that this flora is the oldest among the Cretaceous horizons, notwithstanding our incomplete knowledge of the stratigraphy of that part of Russian Sakhalin. *Populus* shows an affinity with a form in the Potomac, while the general aspect of the whole flora is allied to that of Kome of Greenland, which may correspond either to Albian only or also to an older system. The contents and distribution of the Ainuan flora will be a most interesting subject for future studies. The following diagram shows the stratigraphic position of our floras in comparison with contemporaneous floras of the Northern Hemisphere.

	Europe.	America.	Greenland.	Russian Sakhalin.	Other Asiatic Countries.	
Danian.		Laramie.	Patoot.		Bureya. Boguchan.	
Senonian.		Fox-Hills.		Atane.	Orokkian.	<i>Nilssonia</i> bed in Hokkaidō (?) Simonova. S. Ural. Ryōseki.
Turonian.	Priesen.	Niobrara.	Gyliakian.			
	Teplitz.	Magothy.				
	Malnitz.	Dakota.				
	Weissenberg.					
Cenomanian.	Niederschöna.					
	Peruc.	Raritan.				
Albian.		Patapsco.	Ainuan.			
Aptian.						
		Lakota				
Barrenian.	Klin. Wernsdorf.	Patuxent.				
Neocomian.		Arundel.				

4. RELATIONS OF THE CRETACEOUS AND TERTIARY FLORAS OF SAKHALIN.

After establishing the general contents of the Cretaceous flora in Sakhalin, we must confirm the Tertiary age of the flora of the workable seams of Mgach and also of the coal mines of Alexandrofsk. This flora of the Mgach Coal mine (not of the seashore), being now quite freed of the Cretaceous elements, shows a very close similarity to the Tertiary floras of Japan, described by NATHORST,¹⁾ also to the true Tertiary floras of the Russian Maritime Province. Consisting chiefly of Amentifloræ and containing very few ferns, this flora is quite different from that of the Cretaceous. An object of considerable interest is the occurrence of *Salvinia* sp. in Mgach. The relation between the Cretaceous and Lower Tertiary floras of Sakhalin seems to be a distant one. The proper Gyliakian flora has nothing in common with the Tertiary, probably with the only exception of *Populus arctica*. The study of the relation of the Orokkian with the Lower Tertiary in Sakhalin is yet a task for future studies, and nothing on this question can be expressed at present. The Lower Tertiary is anyhow closely allied to the flora of the Naibuchi coal-field in Japanese Sakhalin and that of Hokkaidō, as well as to the Japanese "Pre-pliocene" floras of NATHORST.

5. RELATIONS BETWEEN THE CRETACEOUS FLORAS OF SAKHALIN AND JAPAN.

The Cretaceous floras of Sakhalin stand quite solitary in position in the Far East. An unpublished paper of Mr. H. TANAKADATE treats of some fossils, from Makai and Onnenai, both in Japanese Sakhalin, which I regard as probably Orokkian. Besides some Cretaceous plant-leaves collected from Hokkaidō by

1) NATHORST (1888).

JIMBŌ¹⁾ and mentioned by him in 1892, without any description, there is in Japan one rich Cretaceous flora of the Ryōseki Series (Neocomian), containing plant leaves, described by YOKOYAMA.²⁾ The Upper Cretaceous flora from Hokkaidō, treated by STOPES and FUJII,³⁾ shows a peculiar state of preservation (petrification) and thus could not be compared with the flora of Sakhalin, which is represented by impression of leaves; though leaves of Dicotyledons and of *Nilssonia* too have been also observed in Hokkaidō. Some fossil woods from Hokkaidō have been described by REISS.⁴⁾ Besides, I am of opinion, that the flora of the Lower Division of the fresh-water series in the province of Ishikari, which contains *Nilssonia*, may also be compared with the Upper Cretaceous flora of Sakhalin.

According to the ancient view that *Nilssonia* may be a member of the Tertiary, as in Sakhalin, there was no objection to put the Series of Ishikari into the Tertiary, especially when we consider the affinity of its flora with the "Tertiary" of Greenland. However, in the present stage of our knowledge about the true origin of *Nilssonia* and its complete absence everywhere in the Tertiary, I am also inclined to put the *Nilssonia*-bearing bed of Ishikari into the Cretaceous. The absence of sharp demarcation between the Cretaceous and fresh-water Supra-Cretaceous of Hokkaidō probably corresponds to a similar relation in Sakhalin between the Upper Cretaceous and the Dui series to the south of Cape de la Jonquière, though some fossiliferous beds may be discovered in Hokkaidō corresponding to the non-fossiliferous conglomerate of Dui-Rogatyi. It is necessary to make a special study of the age, to establish it as either true Tertiary or Laramie, of the Upper division of the Fresh-water series, from which some

1) JIMBŌ (192), p. 29.

2) YOKOYAMA (1894).

3) STOPES and FUJII (1909); id. (1910).

4) REISS (1907).

plants fossils, now in the collection of the Sapporo College of Agriculture, were long ago determined by LESQUEREUX and mentioned afterwards by NATHORST¹⁾ and JIMBŌ.²⁾

We find some other indications of Japanese fossil floras, supposed to be Cretaceous, mentioned in HARADA'S "Japanische Inseln" and in "Outlines of the Geology of Japan" published by the Imperial Geological Survey of Japan. These are the Dicotyledon leaves found in the Mikura Bed in Abegōri in the Province of Suruga and also in the province of Kii (HARADA, p. 109); and the fucoids (*shōbu-ishi*) and *Sequoia* sp. in the Izumi sandstone of the Sanuki-Range, Island of Shikoku (i.e. p. 107). In the same sandstone, in the Island of Kyū-shū, were observed (HARADA, p. 108) Dicotyledon leaves at Kidobaba and impressions of *Arundo*, *Populus*, *Salix*, (?) *Quercus* (?) *Fagus*, *Platanus* and *Cinnamomum* at Komatsu-mura (Outlines, p. 66). If they are really Cretaceous, they belong probably to its uppermost part.

IV. The Cretaceous in Russian Sakhalin as coal-bearing strata.

As has been mentioned above, the Cretaceous system of Sakhalin is coal-bearing nearly throughout its whole extent, except the horizon of marine transgression. The coal seams occur in the lower and probably also in the uppermost division of the Orokkian, as well as in the whole Gyliakian. The Ainuan is also coal-bearing, but nothing can at present be said about the distribution of its coal.

Though sometimes of a great thickness and being coking, the Cretaceous coals are distinguished by almost constant abundance of ashes, and numerous intercalations of coaly shales. Besides, the coal is traversed by numerous clefts filled with calcite, thus in-

1) NATHORST (1883), p. 5. 2) JIMBŌ (1892), p. 46, 47.

creasing the ashes. The old assumption, that the quality of Sakhalin coals depends only on the degree of tectonic disturbances, and not on the age, is of a limited significance, although the Cretaceous coals are generally much influenced by such movements.

Those coals in Sakhalin which were formerly regarded as Tertiary and possessing very different characters, may be separated now into two groups of quite different ages, Tertiary and Cretaceous. From these two groups the Cretaceous coals are quite uniform, on the other hand, the Tertiary coals look now also not so varied in quality.

In contrast to most of the Cretaceous coals, the lowermost coals of the Tertiary Dui Series are of an exceptional good quality; thus possibly a good coal could be found either in the uppermost Cretaceous or in the transition to the overlying Tertiaries.

V. Summary.

From all that has been said above, the following conclusions may be drawn:

1. In the study of the Sakhalin flora, HEER had unfortunately only mixed collections to rely upon. Though his Dui Flora was almost purely Tertiary, a considerable part of his Mgach Flora was truly Cretaceous.

2. The really mesozoic form *Nilssonia* must be excluded from the Tertiary flora.

3. Below the formerly described sole representative of the Cretaceous, namely the Senonian, we have now to add deposits of considerable thickness, belonging to the Turonian, Cenomanian and probably also still lower horizons.

4. All the Cretaceous in Russian Sakhalin, so far known, will be subdivided into the three Series: Orokkan, Gyljakian and

Ainuan, which correspond well with the plant-bearing strata of Greenland and America.

5. The fixed composition of these floras in the definite horizons of the Upper-Cretaceous shows the development of vegetation in Eastern Asia, and furnishes material for the discussion on the origin of younger floras.

6. The present study will lead to the revision of Siberian Cretaceous floras, until now mistaken for Tertiary.

7. There is a probability of close affinity of some plant-bearing horizons in Sakhalin and Hokkaidō.

8. The Cretaceous coals of Russian Sakhalin, so far known, contain more ashes than its Tertiary coals.

The full revision of plant-fossils in Hokkaidō and Sakhalin, in connection with the simultaneous occurrence of different floras and faunas, will fix a firm base for their comparison with the other floras of Eastern Asia, and consequently the proper determination of their ages. The work will, moreover, afford important materials for discussion on the origin and migration of the Dicotyledonous Flora, probably radially from the Arctic region, as asserted by ASA GRAY¹⁾ and others, and recently by BERRY.²⁾

Finally, I feel it an agreeable duty to say that the successful elaboration of the specimens for the present work has been realized solely by the very kind support of the Geological Institute of the Imperial Tōkyō University and the Tōhoku University at Sendai, and of the Imperial Geological Survey of Japan. I take this opportunity to express my cordial thanks to the representatives of all these Institutions, to Professors M. YOKOYAMA, K. JIMBŌ, and H. YABE, and Director K. INOUE.

1) ASA GRAY (1859); SAPORTA (1872) p. 328 etc.; SAPORTA et Marion (1876), p. 49 etc.

2) BERRY (1911), p.50, 51.

TO MR. H. TANAKADATE, who placed his fossil collections from Japanese Sakhalin at my disposal, and to the assistants and several students of all these Institutions I have much pleasure in expressing my best thanks for their kind help.

VI. Systematic Paleobotany.

FILICALES.

1. *Gleichenia rigida* HEER.

1868. HEER, Die foss. Flora der Polarländer, p. 80, pl. XLIV, f. 1.
 1874. HEER, Die Kreideflora der arctischen Zone, p. 43, pl. I, f. 1, 1 b, 5, 5 a, 5 b.
 1882. HEER, Die foss. Flora Grönlands, p. 6, pl. II, f. 6, 7.

Locality: Erikson's coal mine.

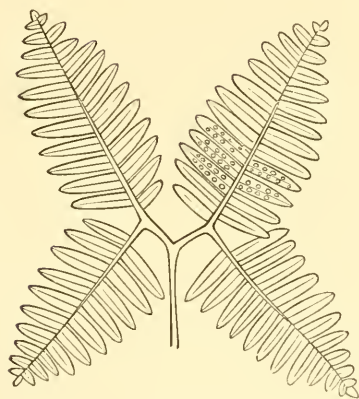


Fig. 1.
Gleichenia rigida Hr.
 (Sketch made in situ)

This species is represented by a single specimen of a part of the frond, found in the light-grey sandstone, together with some other ferns of the genus. The frond in this specimen forks twice and is furnished with narrow linear segments. On both sides of the midrib the two rows of sori are seen. The fern has so far been recorded only in the Kome Beds of Greenland.

2. *Gleichenia Zippel* (CORDA) HEER.

1846. *Pecopteris Zippel*, CORDA in REUSS, Versteinerungen, p. 95, pl. XLIX f. 1.
 1867. *P. Zippel*, UNGER, Kreidepflanzen aus Oesterreich, p. 8 (sep. cop.), pl. II, f. 1.
 1868. *Gleichenia Zippel*, HEER, Fossile Flora der Polarländer, F. F. A., vol. I, p. 79, pl. XLIII, f. 4.

- 1871. HEER, Flora von Quedlinburg, p. 4, pl. I, f. 1, 1 b.
- 1874. HEER, Die Kreideflora der arctischen Zone, F. F. A., vol. III, p. 44, 90, 97, pl. IV; V; VI, f. 1-3; VII, f. 2; XXV, f. 1-3; XXVI, 10-13.
- 1876. HEER, Beitr. zur foss. Fl. Spitzbergens, F. F. A., vol. IV, p. 49, pl. XXXII, f. 6, 7.
- 1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, F. F. A., vol. VI, Abt. 2, p. 36, pl. III. f. 2.
- 1883. HEER, Flora der Patootschichten, F. F. A., vol. VII, p. 7.
- 1888. VELENOSKY, Die Farne der böhmischen Kreideformation, p. 6, pl. III, f. 7.
- 1889. STUR in TOULA, Geologische Untersuchungen im Zentr. Balkan, p. 27-29, p. 33.
- 1896. NEWBERRY, Flora of Amboy Clays, p. 37, pl. III, f. 5 b.
- 1899. WARD, The Cretaceous Formation, p. 664, pl. CLXII, f. 9.
- 1904. BERRY, Additions Flora Matawan Form., p. 67, pl. IV, f. 6.
- 1905. ZEILLER, Sur quelques empreints des végét. supracrét. des Balkans, p. 649.
- 1906. BERRY, Contrib. to the Flora of the Atlant. Coast, p. 164.
- 1911. BERRY, The Flora of Raritan Formation, p. 64.

Locality: Erikson's coal mine.

This typically Cretaceous and most important form has been chiefly observed in the light-grey sandstone of this mine, belonging to the lowest known Cretaceous horizon of Russian Sakhalin, together with other different species of *Gleichenia* ferns, partly determined.

This species shows, in some of the impressions, two rows of sori, one on each side of the midrib. *G. Zippei* is represented in all Cretaceous floras of Greenland, from Kome up to Patoot. In North America, it was recognized in floras from the Black-Hills up to Raritan, Dakota and Magothy of Delaware and New-Jersey, besides in the Upper Cretaceous of the West. In Europe, the same species was observed in the Cenomanian of Bohemia and in the Senonian of Saxony, Bulgaria and Bohemia.

3. *Gleichenia* sp. (Subgenus *Eugleichenia*).

Locality: Erikson's coal mine.

This specimen, showing a single sorus on each segment, is to be properly put into the subgenus *Eugleichenia*. *Gleichenia nervosa*¹⁾ is most closely allied, in form to our specimen. Though previously regarded by HEER as *Eugleichenia*, it was afterwards separated by himself²⁾ from this subgenus, for which reason the comparison with *G. nervosa* of our real *Eugleichenia* may not be admitted. From the very similar species *G. Nordenskiöldii* Hr.³⁾ and *G. rotula* Hr.,⁴⁾ our species differs by the segments attached on their entire base, which is not contracted above it as in these species, which are, moreover, furnished with a single sorus only in exceptional cases. The true species of *Eugleichenia*, namely, *G. acutipennis*,⁵⁾ *G. delicatula*,⁶⁾ and *G. micromera*⁷⁾ are quite different from our species. *G. optabilis*⁸⁾ seems to be more allied with it, but is represented only by specimens too fragmentary to speak of real identity. Probably it may later appear advisable to separate our fossil as a new particular species.

4. *Dicksonia Mamiyai* n. sp.

Locality: Sea-shore at Mgach.

A single plate of shale shows a part of the pinna or the frond with narrow lanceolate pinnules bearing triangular segments stretched forward. The sori are disposed on the proximal edge of

1) HEER (1874), p. 53, pl. XI., f. 3-6.

2) HEER (1882), p. 8.

3) HEER (1874), p. 50, pl. IX, f. 6-12; id. (1882) p. 8, pl. I, f. 1.

4) HEER (1874), p. 48, pl. VIII, f. 4, 5; IX, f. 1-4.; id. (1882) p. 8, pl. II, f. 8.

5) HEER (1874), p. 53, pl. X, f. 12; id. (1882), p. 9.

6) HEER (1874), p. 54, pl. IX, f. 11; X, f. 16, 17; id. (1882) p. 9.

7) HEER (1874), p. 55, pl. X, f. 14, 15; id. (1882) p. 9.

8) HEER (1880), p. 5, pl. I, f. 13; id. (1882) p. 9.

segments in the bottom of the sinus between them. The nerves of segments run forward making an acute angle. Closely allied to the present species in form of frond and the position of sori is *Dicksoniopteris vernonensis* (WARD) BERRY¹⁾ from the Potomac, which has been compared by BERRY with *Dicksonia belidula* HR.,²⁾ from which our species differs by sori being found strictly on the edge of the segments, as in some Jurassic *Coniopteris*. In the same point, our species resembles *Dicksonia concinna* HEER³⁾ of the *Coniopteris* type from the Jurassic of the Amur river.

5. *Asplenium Dicksonianum* HEER.

- 1874. HEER, Die Kreideflora der arct. Zone, F. F. A. vol. III, part 2, p. 31, t. I, f. 1-5.
- 1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, F. F. A. vol. VI, part 2, p. 3, t. II, f. 2, 2 b; p. 33, t. XXXII, f. 1-8.
- 1883. DAWSON, On the Cretaceous and Tertiary Floras of British Columbia and the North West Territory, p. 11.
- 1886. DAWSON, On the Mesozoic Floras of the Rocky Mountains Region of Canada p. 5, pl. III, f. 1.
- 1886. DAWSON, Annual Report Canad. Geol. Survey, p. 76.
- 1892. LESQUEREUX, Flora of the Dakota Group, p. 24, pl. I, f. 1, 1 a.
- 1893. DAWSON, On the Correlation of early Cretaceous Floras in Canada and in United States, p. 91.
- 1894. WARD, The Cretaceous Rims of Black Hills, p. 259, 261.
- 1895. NEWBERRY, The Flora of the Amboy Clays, p. 39, pl. I, f. 6, 7; II, f. 1-8; III f. 3.
- 1899. FONTAINE, in WARD'S 19th Annual Report, p. 664, pl. CLXII, f. 6-8.
- 1899. WARD, The Cretaceous Formation of the Black Hills, p. 704, pl. CLXX, f. 1.

1) BERRY (1911 c), p. 23, pl. XXVIII, f. 3, 4.

2) HEER (1874), p. 25, pl. II, f. 17 c, 17 d; XI, f. 5; HEER (1882), p. 1; HEER (1883), p. 173.

3) HEER (1876 b), p. 87, pl. XVI, f. 1-7.

1902. KURTZ, *Contribuciones a la Palaeophytologia Argentina*. II: Sobre la existencia de una Dakota Flora en la Patagonia Austro-Occidental, p. 49.
1911. BERRY, *The Flora of the Raritan Formation*, p. 68, pl. V. f. 34.
1914. KRYSHTOFOVICH, *The discovery of the Angiosperm Flora in the Cretaceous of Ural province*, p. 605, f. 2.

Locality: Erikson's coal mine; Petrovsky's coal mine;
sea-shore at Mgach, etc.

Among the numerous ferns in our collection partly still undetermined, we can easily recognize *A. Dicksonianum*, which is quite common in Kome and Atane Beds, as well as in the Lower Cretaceous and the Dakota Formation of N. America, besides the Cenomanian of Western Europe and Russia. Prof. BERRY¹⁾ expressed the opinion, that some specimens of *Asplenium Dicksonianum* described by DAWSON from Canada and by HEER from Greenland, should be referred to *Thyrsopteris Goeppertii* (SCHENK) in the new sense of BERRY, embracing some species of the Potomac, also in the Wealden of Europe and the Lower Cretaceous in Japan. He puts into the latter species also *Thyrsopteris varians* FONT., under which name SHIMOTOMAI-TANAKADATE recorded only *in litteris*, a fern from Makai in Japanese Sakhalin (upper part of the Lower Division of the Cretaceous in S. Sachalin).

6. *Pecopteris bohémica* CORDA.

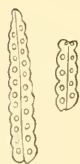


Fig. 2.

Pecopteris
bohémica
CORDA.

1846. CORDA, in Reuss *Versteinerungen*, p. 95, pl. XLIX, f. 1.
1874. HEER, *Die Kreideflora der arctischen Zone*, p. 96, pl. XXVI, f. 17 a d.
1882. HEER, *Die fossile Flora Grönlands*, p. 35, t. XXXVI, f. 2 b.

Locality: Sea-shore at Mgach.

1) BERRY (1911 b), p. 327.

Many pieces about 1–2 cm. in length, of the narrow segments near 3 mm. in width with two longitudinal series of round sori, are seen on some plates of shale. The width of segments corresponds more to that of Bohemian than of Greenlandian specimens but no complete pinnula has been observed hitherto.

This type is allied to genus *Matonidium* by the position of its sori and the presence of a central hole in it but rather to *Laccopteris* by their round form.

The edge of the segment is crenate, a little more than is figured by HEER, but possibly that comes chiefly from the contraction of the soft tissue between the rigid sori.

The fern has been recorded from the Atane Bed and Untere Quadersandstein of Bohemia and Saxony (Niederschöna).

7. *Pecopteris virginiensis* FONTAINE.

- 1889 (1890). FONTAINE, The Potomac Flora, p. 82, pl. VIII, f. 1–7; IX, f. 1–6; XXIV, f. 2; CLXIX, f. 3.
1894. YOKOHAMA, (cf.), Mesozoic Plants from Kōzuke, Kii, Awa and Tosa, p. 220, pl. XXIV, fig. 1.
1906. FONTAINE, Report on various collections of Fossil Plants from the Older Potomac of Virginia and Maryland, in WARD'S Status of the Mesozoic Floras, p. 480, 538, pl. CXVI fig. 3, 4.

Locality: Sea-shore at Mgach.

On several plates of shale from this locality parts of the frond are seen, with pinnules tapering to the top and slightly acute-dentate on the edge; the frond is either quite identical with or closely allied to the Virginian species. *Phegopteris Kornerupii* HR.¹⁾ from the Patoot Bed is nearly similar, but HEER's sketch, which is rather incomplete, shows crenate pinnules instead of dentate.

1) HEER (1883), p. 3, pl. XLIX, f. 3, 3 b.

Recently BERRY,¹⁾ taking together many of FONTAINE's original types from the Potomac, tried to include the present species in the widespread Mesozoic type *Cladophlebis Browniana* DUNK. sp., whose figures in his last work (t. XXIX, f. 1, 2) quite coincide with our fern. But owing to the lack of sufficient material in hand, I can not confirm the full identity of *C. Browniana* in its original type with *P. virginiensis* FONT.; *P. cf. virginiensis* was also recorded by Prof. YOKOYAMA²⁾ in the Lower Cretaceous of Awa province, together with a typical specimen of *C. Browniana*, which was observed in the Potomac Group including the Patapsco Formation, also in the Neocomian of Japan and the Gyliakian of Sakhalin.

8. *Pteris frigida* HEER.

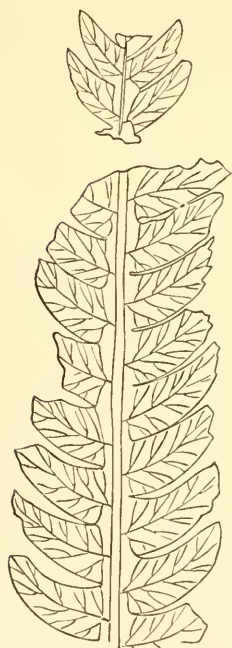


Fig. 3.

Pteris frigida HEER.

1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, I. Theil, p. 3 and 25, pl. II, f. 13; VI, f. 5 b; X, f. 1-4; XI; XII, f. 2; XIII, f. 2; XVII, f. 2; XVIII, f. 10 b.
1883. HEER, Die foss. Fl. Grönlands, II. Theil, p. 51, pl. CII, f. 8, 8 b.
1888. VELENOVSKY, Die Farne der böhm. Kreideform., p. 14, pl. IV, f. 1-4.
1914. KRYSHTOFOVICH, The discovery of the Angiosperm Flora in the Cretaceous of Ural Province, p. 605, f. 1.

Locality: Sea-shore at Mgach.

This typical fern, with large dentate segments in well developed specimens, was found abundantly at Mgach.

The lateral nerves of segments fork only

1) BERRY (1911 b), p. 321.

2) YOKOYAMA (1894), p. 220, pl. XXIV, f. 1.

once, except the first distal one, of which the first branch forks once more.

This species is very abundant in the Atane Bed, but scarce in Kome. HEER has described it also from the Beds of Igdlounguaq in Greenland, but regarded it as Tertiary. Its true age is not yet well known, as the specimens have been found by STEENSTRUP only in pebbles, whose geological origin has not been exactly ascertained. The species was also recorded by me from the Ural Province, and by some other authors from the Cenomanian of Bohemia. Several other ferns recorded under different names, such as *P. sitkensis* HR.,¹⁾ *Pecopteris denticulata* HR.,²⁾ seem to be closely allied to the present form. Besides, DAWSON remarked its close resemblance to *Cladophlebis vancouveriana* DAWSON.³⁾

9. *Stenopteris Jimbōi* n. sp.

Locality: Sea-shore at Mgach.

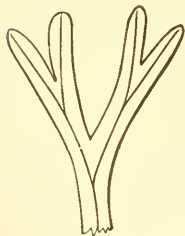


Fig. 4.

Stenopteris Jimbōi

n. sp.

(Sketch made in situ)

The surface of some plates of shale from this locality is richly covered with narrow forking fronds, resembling those of *S. virginica* FONT.⁴⁾ Until now only a few species of *Stenopteris* have been recorded. *S. desmomeria* SAP.⁵⁾ has been described from the Kimmeridgian of Lyon and *S. cretacea* HOLLICK⁶⁾ from the Upper Cretaceous of Colorado. Full analysis and discussion of these

species will be made after a more complete study of our material.

1) HEER (1869 b), p. 21, pl. I, f. 7a.

2) HEER (1874), p. 95, pl. XXVI, f. 7.

3) DAWSON (1893 b), p. 55, pl. V, f. 4, 5.

4) FONTAINE (1889), p. 112, pl. XXI, f. 8.

5) SAPORTA (1873), p. 292, pl. XXXII, f. 1, 2; XXIII, f. 1.

6) HOLLICK (1902 b), p. 148, pl. III, f. 2.

10. *Sagenopteris variabilis* (VEL.) VELENOVSKY.

1885. *Thinnfeldia variabilis*, VELENOVSKY, Die Gymnospermen der böhmischen Kreideformation, p. 6, pl. II, f. 1-5; III, f. 12.
 1889. *Sagenopteris variabilis*, VELENOVSKY, Kvetena českeho Cenomanu, p. 40.
 1902. *Thinnfeldia variabilis*, HOLLICK, Geological and Botanical notes: Cape Cod and Chappaquidick Island, Mass., p. 403, pl. XLI, f. 12.
 1903. *Thinnfeldia variabilis*, BERRY, The American Species referred to Thinnfeldia, p. 444.
 1906. *Sagenopteris variabilis*, HOLLICK, Cretaceous Flora of South New York and New England, p. 34, pl. I, f. 22.

Locality: Sea-shore at Mgach.

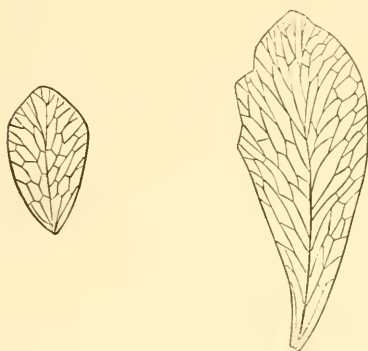


Fig. 3.

Sagenopteris variabilis (VEL.) VELEN.

We found, from this locality, several complete leaflets of this fern, 4.5 to 2.5 cm. in length. Two of them are nearly quite symmetrical; the bigger one is oblanceolate, tapering slowly toward the base. The median nerve of the same is distinct only a little above the middle of the whole length. In two other small leaflets the midrib is very slender and slightly apparent only at the base. The lateral veins, which are close together, advance under an acute angle and anastomose into a network with elongate meshes. Another leaflet with an obliquely cut top does not show any trace of the midrib, just as shown in figs. 3 and 4 of VELENOVSKY (I. c.).

The species shows the following relations to the most common Cretaceous species. It is entirely different from *Sagenopteris elliptica* FONT.,¹⁾ which has long acute-lanceolate leaflets, with a rela-

1) FONTAINE (1889), p. 149, pl. XXVII, f. 9, 11-17.

tively strong midrib, attaining about $\frac{2}{3}$ of the length of the leaflet. Of the form *S. latifolia* FONT.¹⁾ which is too large to compare with our species, being 8–10 cm. in length, only the upper part of the leaflet was observed. *S. virginensis* FONT.²⁾ is in a similarly bad state of preservation. The specimens of *S. elliptica*, figured by BERRY,³⁾ do not show a very great difference, except its marked acuteness of the top. SEWARD has found resemblance between *S. virginensis* and the Jurassic *S. paucifolia* (PHILL.) WARD, but BERRY⁴⁾ mentioned its greater resemblance to *S. Mantellii* of Wealden, having a midrib still less prominent.

But perfect identity with our species is observed in *S. variabilis* of the Cenomanian in Bohemia, represented by leaflets of a quite similar outline, with the midrib slightly prominent only at the base and branching towards the apex. Moreover, a great similarity is observed in the assymetrical leaflets of both specimens from these two localities so very distant from each other. The identification of this plant by VELENOVSKY with *Thinnfeldia Lesquereuxiana* was cancelled in 1889 by himself as quite unfounded.

I also can confirm the total difference of these two genera *Protophyllocladus* (*Thinnfeldia*) and *Sagenopteris*, both represented in my collections from Russian Sakhalin.

The genus *Sagenopteris* occurs first in the Triassic and is very prominent in the Rhaetic as well as the Jurassic; while the Lower Cretaceous species are mainly American, except *S. Mantellii*, which is widely spread in Europe. *S. neocomiensis* H. and M.,⁵⁾ of the same type, has been recorded from Westphalia, but its specimens were too fragmental. In the upper Cretaceous, we have only *S. variabilis*

1) FONTAINE (1889), p. 148, pl. XXVII, f. 10.

2) FONTAINE (1889), p. 150, pl. CXXXVIII, f. 13; CXXXIX, f. 1.

3) BERRY (1911 c), p. 287, fig. 4.

4) BERRY (1911 c), p. 289.

5) HOSIUS and MARCK (1880), p. 210, pl. XLIV, f. 191.

from Bohemia, recorded by HOLLICK also from Chappaquidick in New England, together with true *Marsilea*. The last locality appeared doubtful to HOLLICK himself, for the state of preservation was too poor. The resemblance of our species, especially with the typical form in the Cenomanian, greatly emphasizes the age of the bed containing it in Sakhalin.

Many other ferns now in our collection in Tōkyō, too badly preserved for identification, contain among them some species of *Gleichenia*, segments of ferns resembling *Sphenopteris Miertschingii* HR.,¹⁾ a soriferous frond, resembling those of *Thyrsopteris capsulifera* VELEN.²⁾ (*Onychiopsis capsulifera* NAT.) The study of the whole material now lying in Petrograd, will perhaps add to the present list about fifteen other species.

CYCADALES.

11. *Cycas* aff. *Steenstrupii* HEER.

1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, part I., p. 40, pl. V, f. 1 a, 1 b.
 1907. *Pseudocycas Steenstrupii*, NATHORST, Paleobotanische Mitteilungen, No. 1, p. 8, pl. II, f. 10, 11.

Localities: Near Cape Tangi and in some other places,
 always in the Gyliakian.

Our specimens of *Cycas* are very probably identical with the Cenomanian species of Greenland. *Zamites borealis* HR.³⁾ of Kome, which is very similar in form, has 4 veins running along each segment. Though Prof. NATHORST⁴⁾ has expressed doubt about the position of *C. Steenstrupii* in the true *Cycas*, on account of

1) HEER (1868), p. 87, pl. XLV, f. 9.

2) VELENOVSKY (1888), p. 10, pl. I, f. 6-12.

3) HEER (1874 b), p. 66, pl. XIV, f. 13, 14; XV, f. 1, 2; id. (1882), p. 13.

4) NATHORST (1907).

his observation of two closely disposed nerves instead of one, thus establishing the new genus *Pseudocycas*. The representatives of the genus *Cycas* (*Pseudocycas*) were found in the Senonian and older strata of Europe as well as Greenland. The present species has been recorded in the Atane bed.

12. *Glossozamites* aff. *Schenkii* HEER.

1874. HEER, Die Kreideflora der arctischen Zone, F. F. A., vol. III, part 2, p. 69, pl. XVI, f. 5-8.

1882. HEER, Die foss. Flora Grönlands, F. F. A., vol. VI, part 2, p. 13.

Locality: Near Petrovsky's coal mine, on the tributary of the Kozulinkina river.

The genus *Glossozamites* is a typical representative of the Wealden and Lower Cretaceous, but has not yet been found in the Cenomanian. *G. Schenkii* from Kome differs from *G. Hoheneggeri*¹⁾ SCHENK by having broader segments and more numerous and richly forking veins, but shows a close resemblance to our species. *G. Hoheneggeri*, figured by Prof. YOKOYAMA²⁾ from the Cretaceous of China, is identical with its original type and thus essentially differs from our specimens. The lack of material prevents our making any more detailed comparison.

13. *Nilssonia serotina* HEER.

1878. HEER, Miocene Flora der Insel Sakhalin, F. F. A., vol. V, part 3, p. 19, pl. II, fig. 1-5.

1878. *Nilssonia pigmea*, HEER, ibidem, p. 21, pl. II, f. 6, 6 b.

Localities: Sea-shore at Mgach; mouth of Myngidai; environs of Cape Tangi; Petrovsky's Coal mine.

This species, originally described from Sakahlin incorrectly as

1) SCHENCK (1869), p. 9, pl. II, f. 3-6, sub *Podozamites Hoheneggeri*.

2) YOKOYAMA (1906), p. 37, pl. XII, f. 1, 1 a, 5 a (6?).

a Tertiary form, has not yet been mentioned anywhere by another name. However, with this form *N. Jonstrupii* HR.¹⁾ in the Atane bed is surely closely allied, differing only by a larger size and a more entire lamina; this species has also been recorded from the Ryōseki Series of Japan by YOKOYAMA.²⁾ Another affinite type, *Nilssonia bohémica* VEL.³⁾ from the Perue clays is not so large, but has a more entire lamina. A more distant resemblance is shown in the common Wealden and Neocomian species, *N. schauburgensis* (DUNK.)⁴⁾ NATH., bearing a narrow and poorly segmented lamina. To the same genus may belong the plant, described by DAWSON from Nanaimo, as *Macrotanopteris vancouverensis* DAWS.⁵⁾ The genus *Nilssonia*, taking its origin in the Lower Mesozoic, is still quite common in both the Lower and Middle Cretaceous; but its occurrence in younger formations is more scanty and belongs often to regions which are geologically not well studied.⁶⁾ Although its occurrence, confirmed anatomically in the Upper Cretaceous of Japan, is beyond any doubt, some leaf impressions, very similar to our Sakhalin species, were kindly shown me by Prof. YABE from his collection, made long ago, near the Yūbari Coal mine in the province of Ishikari, Hokkaidō; it is from the Lower Division of the "Freshwater Tertiary," which is also Uppermost Cretaceous.

Records of Tertiary *Nilssonia* seem to be always without foundation. But the great authority of the famous paleobotanist HEER caused some botanists to believe, that *Nilssonia*, occurring so late as in the "Tertiary" of Sakhalin, may have still found asylum somewhere in the wilderness of south-western China, as have many

1) HEER (1882), p. 44, pl. VI, f. 1-6. also *N. Gibbsii* NEWBERRY (1898), p. 16, pl. XV, f. 2.

2) YOKOYAMA (1894), p. 226, pl. XXV, f. 1-4.

3) VELENOVSKY (1885), p. 11, pl. II, f. 25-28.

4) DUNKER (1846), p. 15, pl. I, f. 7; II, f. 1; VI, f. 5-10.

5) DAWSON (1893), p. 55, pl. V, f. 1, 2, 3.

6) DAWSON (1883), p. 24, pl. IV, f. 15 bis. 15 a.

“fossil” species like *Eucommia*, *Liriodendron*, *Cercidiphyllum*, etc. Having now at hand, in Tōkyō, only very poor specimens out of our rich collection, I postpone a full description of this species.

Nilssonia in Sakhalin is a type fossil of Gyliakian, but has not yet been actually observed in any other horizon, though in Hokkaidō the position of this or allied species is probably somewhat higher.

GYNKGOALES.

14 and 15. *Ginkgo* sp. A. and B.

Localities: Sea-shore at Mgach and to the north of it.

Impressions of *Ginkgo* occur in Sakhalin in the Gyliakian Series, as well as in the real Tertiary. HEER has mentioned *Ginkgo*¹⁾ only from a bed in Mgach, which has now been proved to be Cretaceous, but not from the true Tertiary at Dui, as I did. Some of our Cretaceous specimens are similar to the entire leaves described by HEER, but several others have a more fissed lamina. The latter therefore may be compared with *G. multinervis* Hr.²⁾ and the former rather with *G. primordialis*,³⁾ both species being from Atane.

Mr. SHIMOTOMAI-TANAKADATE recorded, *in litteris*, two species of this genus from the Lower and Upper Divisions of the Cretaceous of Makai in Japanese Sakhalin, comparing one of them with *G. multinervis* Hr., and the other with *G. adiantoides* Hr., which is probably identical with *G. primordialis*.

Besides this *Ginkgo*, a full description of which I must postpone until a complete study of our materials can be made, there are found among Ginkgoales from the Gyliakian some plants like *Baiera* and *Ginkgodium*.

1) HEER (1878 c), p. 21, pl. II, f. 7-10.

2) HEER (1882), p. 46, pl. V, f. c; VIII, f. 2 b, 3, 4; IX, f. 3 b.

3) HEER (1874), p. 100, pl. XXVII, f. 1-3; (1882), p. 47.

CONIFERALES.

16. *Protophyllocladus subintegrifolius* (Lesq.) BERRY.

1868. *Phyllocladus subintegrifolius*, LESQUEREUX, On some Cretaceous Fossil Plants from Nebraska, p. 92.
1874. *P. subintegrifolius*, LESQUEREUX, The Cretaceous Flora, p. 54, pl. I, fig. 12.
1882. *Thinnfeldia Lesquereuxiana*, HEER, Die fossile Flora Grönlands, part I. F. F. A. vol. VI, part 2. p. 37, pl. XLIV, f. 9, 10; XLVI, f. 11, 12, 12 b.
1892. *Phyllocladus subintegrifolius*, LESQUEREUX, The Flora of the Dakota Group, p. 34, pl. I, f. 12.
- *Thinnfeldia Lesquereuxiana*, HOLLICK, The Paleontology of the Cretaceous Formation on Staten Island, p. 99, pl. III, fig. 6.
1896. NEWBERRY, The Flora of Amboy Clays, p. 59, pl. XI, fig. 1-17.
1898. *Thinnfeldia subintegrifolia*, KNOWLTON, A Catalogue of the Cretaceous and Tertiary Plants of North America, p. 228.
- *T. subintegrifolia*, HOLLICK, Additions to the Paleobotany of the Cretaceous Formation on Staten Island, p. 58 and 519, pl. III, f. 4, 5; XXXVI, f. 6.
1902. *T. subintegrifolia*, HOLLICK, Geol. and Botan. notes: Cape Cod and Chappaquidick Island, Mass. p. 403, pl. XLI, f. 13, 14.
1903. *Protophyllocladus subintegrifolius*, BERRY, The American species, referred to *Thinnfeldia*, p. 440.
1904. BERRY, Additions to the Flora of the Matawan Formation, p. 69, pl. I, f. 5.
1906. BERRY, The Flora of the Cliffwood Clays, p. 139.
1907. BERRY, Cretaceous Floras in North and South Carolina, New species of Plants from the Magothy Formation, p. 89-91, fig. 6.
1906. HOLLICK, The Cretaceous Flora of Southern New York and New England, p. 36, pl. V, f. 1-6.
1911. BERRY, Flora of the Raritan Formation, p. 88, pl. IX.

Our collection contains many fine impressions of cladodies, which measure from 10 to 12 cm. in length and 5 cm. in width in

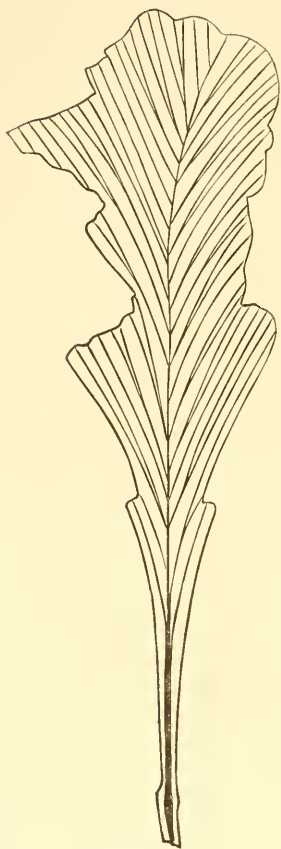


Fig. 6.
Protophyllocladus subintegrifolius
(LESQ.) BERRY.

the upper part, and show the base decidedly cuneate towards the short petiole. The true nature of this typical form is still somewhat problematical, though Gymnosperm in any case. The plant now in question was described originally as *Phyllocladus* (l. c.) by LESQUEREUX who afterwards put it into the genus *Thinnfeldia*, whose systematic position is also doubtful. Recently BERRY, and after him other authors, have put the same plant in a new genus *Protophyllocladus*, supposed to be closely allied to *Phyllocladus*.

The cladodies of *Protophyllocladus* are cuneate below and fan-shaped above, being either dentate or dentate-fissed on edge. The midrib disappears below the apex, while the secondary veins are numerous but indistinct on account of the coriaceous consistence of lamina. The apex is usually obtuse. Some more dissected specimens of my collection, perhaps, are still more closely allied to *P. lobatus* BERRY¹⁾ from the Magothy and the Black Creek, but for this identification I need more complete and numerous specimens, although no essential difference in general appearance can be seen.

The species, which is indeed a type fossil of Gyliakian in Sakhalin, is considerably limited in its vertical distribution, being abundantly represented in the lower part of the Upper Cretaceous in North America, as in the Dakota Group of Kansas and Nebraska, the Raritan Formation of New-Jersey and Magothy of Maryland

1) BERRY (1914), p. 17, pl. II, f. 9-13.

and N. Jersey, also in the Raritan and possibly the Magothy too of Black Island and Staten Island of the Atlantic Coast. In Greenland, this species has been found in an equivalent of the Gyliakian series, that is Atane. Though abundantly found in the Upper Cretaceous of America and of Greenland, this species is entirely wanting in Europe as well as in the Lower Cretaceous of its home. This species has therefore found its end in Magothy. But *P. lanceolata* KNOWL.¹⁾ was recognized in the Laramie Group of Montana. The abundant occurrence of *P. subintegrifolius* in Russian Sakhalin as a type fossil of the Gyliakian, together with *Nilssonia serotina*, gives us indication of the closest relation of our flora to those in N. America and in Greenland, but not to any in Europe. This shows very well the contemporaneity of our flora partly with the European Cenomanian and partly with its Turonian.

17. *Dammara borealis* HEER.

- 1841. "Seed vessels of Coniferous plants," HITCHCOCK, Final report Geol. Massachusetts, p. 430, pl. XIX, f. 4, 5.
- 1882. *Dammara borealis*, HEER, Fossile Flora Grönlands, part I., p. 54, pl. XXV VII, f. 5.
- 1882. *Dammara microlepis*, HEER, Fossile Flora Grönlands, part I., p. 55, pl. XL, f. 5.
- 1882. *Eucalyptus Geinitzii*, HEER, ibidem, p. 93, pl. XLV, f. 4-9; pl. XLVI, f. 12d.
- 1889. *Dammara borealis*, VELENOVSKY, Kvetena českeho Cenomanu, p. 7, pl. I, f. 28, 29.
- 1890. *Eucalyptus Geinitzii*, WHITE, On Cretaceous Plants from Martha's Vineyard.
- 1892. *Dammara borealis*, HOLLICK, The Paleontology of the Cretaceous Formation on Staten Island, p. 31, pl. I. f. 17.
- 1896. NEWBERRY, Flora of Amboy Clays, p. 46, pl. X, f. 8.

1) WEED and KNOWLTON (1893), p. 49, pl. V, f. 5.

1902. HOLLICK, Geol. and Botan. Notes: Cape Cod and Chappaquidick Island, p. 402, pl. XLI, f. 6.
1903. HOLLICK, Fifty fifth annual report of New York State Museum, for 1901. p. 249.
- *Dammara Cliffordiensis*, BERRY, The Flora of the Matawan Formation. p. 61, pl. XLVIII, f. 8-11.
1904. *Dammara microlepis*, HOLLICK, Additions to the Paleobotany of the Cretaceous Formation of Long Island, No. 2, p. 410, pl. LXXI, fig. 9, 10.
1904. *Dammara Cliffordiensis*, BERRY, Additions to the Flora of the Matawan Formation, p. 69, pl. I, f. 11.
1906. *Dammara borealis*, HOLLICK, Cretaceous Flora of Southern New York, p. 37, pl. II, fig. 2-11, 12-26, 27 a.
1910. BERRY, Contributions to the Mesozoic Fl. of the Atlantic Coastal Plain, V. N. Carolina, p. 185.
1911. BERRY, The Flora of the Raritan Formation, p. 80.

Locality: Sea-shore at Mgach and to the north of it,
also near Arkovo.

Claviculoid scales of this plant, measuring about 1 cm. in length, and very typical of the Middle Cretaceous of Europe, Greenland and America, were collected in many places on the Western Coast. Their form and size well coincide with those of the species from the above mentioned countries. Some authors were of opinion, that the plant with those scales should be put into *Eucalyptus*. Others, as HOLLICK and BERRY, have recently insisted, that it belongs to Coniferæ, probably *Araucariaceæ*, though perhaps not quite identical with the living genus *Dammara*. This species was found first by HITCHCOCK in the Dakota bed and afterwards in the Atane, together with *D. microlepis*. The latter has been recorded with *D. macrosperma*, also from Patoot of Greenland; being recognized by HEER in Atane, under the name of *Eucalyptus*, together with *Pr. subintegrifolius*; and by KRASSER, VELENOSKY

and BEYER in the Cenomanian of Bohemia. In the Raritan flora, so closely allied with the Gyliakian of Sakhalin, this species is also abundantly represented.

18. *Sequoia fastigiata* (STERNB.) HEER.

1821. *Caulerpites fastigiatus*, STERNBERG, Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt, part II, p. 23.
 1825. *Thuites alienus*, STERNBERG, ibidem, p. XXXVIII, pl. XLV, f. 1.
 1869. *Sequoia fastigiata*, HEER, Flora von Moletain in Mähren, p. 11, pl. I, f. 10-13.
 1874. HEER, Kreide-Flora der arctischen Zone, p. 102, 128, pl. XXVII, f. 5, 6; XXXVIII, f. 12, 13.
 1882. HEER, Fossile Flora Grönlands, p. 53, pl. III, f. 7-9; XVII, f. 4; XXVIII, f. 6.
 1883. HEER, ibidem, part II, p. 15, pl. LI, f. 11, 12; LIII, f. 3, 4.

Locality: Sea-shore at Mgach.

To this very species of the Middle and Upper Cretaceous of Europe and Greenland belong some small slender twigs found in our collection. The same species was recorded also, in manuscript, by Dr. TANAKADATE at Makai in Japanese Sakhalin, from the upper part of the Lower Division of the Cretaceous.

19. *Sequoia Reichenbachii* (GEIN.) HEER.

1842. *Araucarites Reichenbachii*, GEINITZ, Charakteristik der Schichten und Petrefacten des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges, p. 98, pl. XXIV, f. 4.
 1846. *Cryptomeria primæva*, CORDA, in REUSS's Versteinerungen der böhm. Kreideformation, p. 89, pl. XLVIII, f. 1-11.
 1847. *Geinitzia cretacea*, ENDLICHER, Synopsis Coniferarum, p. 281.
 1868. *Sequoia Reichenbachii*, HEER, Die fossile Flora der Polarländer, p. 83, pl. XLIII, fig. 1 d, 2 b, 5 a.
 1869. HEER, Kreideflora von Quedlinburg, p. 9, pl. I, f. 2.

1874. HEER, Die Kreideflora der arctischen Zone, pp. 77, 101, 126, pl. XII, f. 7 c, 7 d; XX, f. 1-8; XXVIII, f. 2; XXXIV, f. 1; XXXVI, f. 1-8.
- LESQUEREUX, Cretaceous Flora, p. 51, pl. I, f. 10, 10 a, 10 b.
1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, part I, p. 52, pl. XXVIII, f. 7.
1890. FONTAINE, The Potomac Flora, p. 243, pl. CXVIII, f. 1, 4; CXIX, f. 1-5; etc.
1896. KRASSER, Kreideflora von Kundstadt in Mähren, p. 124.
- NEWBERRY, Flora of Amboy Clays, p. 49, pl. IX, f. 19.
1903. The Flora of the Matawan Formation, p. 59, pl. XLVIII, f. 15-18.
1906. HOLLICK, The Cretaceous Flora of Southern New York, p. 42, pl. II, f. 40, III, f. 4, 5.
1911. BERRY, Lower Cretaceous of Maryland, p. 444, pl. LXXVII, f. 7. (see here the full list of literature).
1914. BERRY, the Upper Cretaceous and Eocene Floras of South Carolina and Georgia p. 23, pl. IV, fig. 1-4; p. 107.

Localities: Sea-shore, from Mgach to Cape Tangi.

A good number of impressions of Coniferæ from the Gyliakian belongs to this very typically Cretaceous species, broadly distributed from the lowest to the upper horizons of the Cretaceous, both in Europe and in America.

The same species was recognized by SHIMOTOMAI-TANAKADATE in Onemai in Japanese Sakhalin, in the lower part of the upper division of the Cretaceous.

Probably some other species of the genus will be found in the other part of our collection, now lying in Petrograd.

20. *Sequoia Smittiana* HEER.

1871. HEER, Förutskickade anmärkningar öfver Nordgrönlands Kritflora, p. 1181.
1874. HEER, Die Kreideflora der arctischen Zone, p. 82, pl. XII, f. 10 b; XVII, f. 3, 4; XVIII, f. 1 b; XX f. 5 b, 7 c; XXIII, f. 1-6.

1886. DAWSON, On the Mesozoic Floras of the Rocky Mountain Region of Canada, p. 9, pl. II, f. 7, 7 a.

Locality: Cape de la Jonquière; sea-shore at Mgach.

This species has been found before mostly in the Lower Cretaceous of Greenland and of the Rocky Mountains (Kootanie) of Canada. Dawson referred to the same species, specimens of *Sequoia*, recorded from Vancouver under the name *S. Langsdorffii*, though differing from the latter by a much more luxuriant habitus. Thus the occurrence of this species, as high up as Orokian in Sakhalin is very probable. Postponing any full discussion about this species as well, I must remark, that *Sequoia Smittiana*, when found without any leading species, may cause a misunderstanding of geological age, on account of its great similarity to the Tertiary *Sequoia Langsdorffii*.

21. *Thuja cretacea* (HEER) NEWBERRY.

1882. *Libocedrus cretacea*, HEER, Die fossile Flora Grönlands, part I, p. 49, pl. XXIX, f. 1-3; XLIII, f. 1 d.
1896. *Thuja cretacea*, NEWBERRY, Flora of Amboy Clays, p. 53, pl. X, fig. 1, 1 a.
1905. KNOWLTON, Fossil Plants of the Judith River Beds, p. 133, pl. XVI, fig. 3 a.
1906. BERRY, Contributions to the Mesozoic Flora of the Atlantic Coastal Plain, p. 169.
1911. BERRY, The Flora of the Raritan Formation, p. 83.

Localities: Sea-shore at Mgach; Tymovskaya river; Erikson's coal mine; on the north of Cape Tangi.

Fragments of small twigs in our collection, with four rows of scaly leaves, belong either to this very species or one closely allied to it. *T. cretacea* was recorded before from several Cenomanian beds, as the Atane in Greenland, the Judith river Bed of Montana,

the Magothy Formation of Delaware and Maryland and also the Raritan and Dakota.

MONOCOTYLEDONES.

On some plates of shale from several localities of different horizons remains are seen, which are either grasses or sedges, all too badly preserved for determination.

DICOTYLEDONES.

22. *Populus arctica* HEER.

- 1868. HEER, Miocene Flora von Nordgrönland, F. F. A. vol. I, p. 100, pl. IV, f. 6 a, 7; V; VI, f. 5, 6; VIII, f. 5, 6; XVII, f. 5 b, c; p. 137, pl. pl. XXI, f. 14, 15.
- 1869. HEER, Contributions to the fossil flora of North Greenland, F. F. A. vol. II, p. 469, pl. XLIII, f. 14; L, f. 8 b; LIII, f. 4 b.
- 1870. HEER, Die Miocene Flora und Fauna Spitzbergens, ibidem, p. 55, pl. X, f. 2-7; XI, f. 1; XII, f. 6c.
- 1871. LESQUEREUX, Annual report, p. 289, 300. Supplement, p. 9.
- 1872. Idem, Annual report, p. 358, 401.
- 1873. Idem, Annual report, p. 406.
- 1874. HEER, Nachträge zur Miocenen Flora Grönlands, F. F. A., vol. III, part 3, p. 15, 17, 20, pl. II, f. 20; III, f. 9.
- 1876. HEER, Beiträge zu foss. Flora Spitzbergens, F. F. A., vol. IV, p. 68, pl. XXXI, f. 2.
- 1878. LESQUEREUX, Contributions to the fossil flora of the western Territories, The Tertiary Flora, p. 178, pl. XXIII, f. 1-6.
- 1878. HEER, Die Miocene Flora des Grinnell-Landes, F. F. A., vol. V, p. 30, pl. V, f. 1.
- 1878. HEER, Primitæ floræ fossilis sachalinensis, F. F. A., vol. V, p. 26, pl. II, f. 1b, III, f. 3a.
- 1878. HEER, Beiträge zur miocenen Flora von Sachalin, F. F. A., vol. V, part 4, p. 4, pl. I, f. 3, 4.

1878. HEER, Beiträge zur fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes, F. F. A., vol. V, part 2, p. 35, 49, pl. IX, f. 3?; XV, f. 3-5.
1880. HEER, Nachträge zur fossilen Flora Grönlands, F. F. A., vol. VI, part 1, p. 9, pl. IV, f. 1.
1880. HEER, Beiträge zur miocenen Flora von Nord-Canada, F. F. A., vol. VI, part 3, p. 13, pl. I, f. 2c; II, f. 6, 7.
1883. HEER, Die Tertiäre Flora von Grönland, F. F. A., vol. II, p. 74, pl. LXVII, f. 2, 3; XCVI, f. 1.

Localities: Cape de la Jonquière; near Cape Rogatyi;
sea-shore at Mgach; the Tymovskaya river.

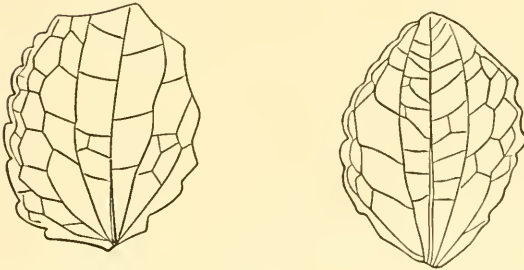


Fig. 7.

Populus arctica HEER.

This characteristic species, found in many arctic floras, is very abundantly represented in Sakhalin, not only in the Orokian, but in the older horizon—Gyliakian. This same species was recorded

by HEER from Mgach, and as a fact of special interest, he found it on a plate of shale with impressions of *Nilssonia*. He, however, believed, that *Populus arctica* is a typical Tertiary species, and that was the reason why he neglected the testimony of *Nilssonia*, in favour of the greater antiquity of the flora. He thus put the whole flora of Sakhalin in the rank of other Arctic Floras, described by him as “Tertiary” and properly “Miocene.” No representative of this species has been recognized in the floras of Atane and Patoot, but the very similar *Populus amissa* Hr.¹⁾ that was compared by HEER himself with *P. arctica*, was recorded from the Cretaceous of Atane. We must, however, bear in mind, that the first representative of *Populus* is found already in the Kome flora.

1) HEER (1883), p. 65, pl. XXVIII, f. 18.

The true *Populus arctica* has been found in Atanekerdruk and in Arctic Canada, both being Tertiary according to HEER. But already at that time, Marquis SAPORTA expressed the opinion about an older age of the Canadian floras, which was strongly supported by DAWSON against HEER. SAPORTA'S opinion is in full agreement with our recent condition of knowledge and was moreover partly confirmed by the occurrence of animal fossils. It is very probable, that *P. arctica* has already been observed in the Cretaceous of America, but treated under some other names, for instance, by DAWSON and NEWBERRY (1898). But there is no question, about the true Cretaceous age of this fossil in Mgach. Another and younger horizon, at Cape de la Jonquière, well characterized by its fauna, also bears well preserved specimens of *Populus arctica*. Consequently, this species, formerly regarded as decidedly Tertiary, must now be introduced into the list of Cretaceous plants. In Sakhalin, namely, it occurs in a flora, older than those elsewhere; though the age of many other floras believed as Tertiary must be revised. In the Dakota flora, the genus *Populus* is represented by some other, but allied, species. *Populus arctica* passes from the Upper Cretaceous of Arctic, right through into the Laramie of America and the Lower Tertiary of the high North. It is very important to remark here in favour of its Cretaceous age rather than the Tertiary, its total absence in the really Tertiary floras of Dui and Mgach (the latter contains *Castanea Kubinyi*, *Comptoniophyllum* cf. *japonicum*, *Populus latior*, *Carpinus*, *Alnus* etc., which are all characteristic Tertiary species). Under this condition, we can well explain the solitary position of this species among the recent sections of the genus *Populus*, while all the other sections of this genus are well represented in really Tertiary floras. The position and distribution of this species among the extinct floras of the whole Holarctic Province deserves great attention.

23. *Populus* cf. *potomacensis* WARD.

1895. *Populus potomacensis*, WARD, 15th Ann. Report U. S. Geol. Surv., p. pl. IN. f. 1-3.
 — *Populus auriculata*, ibidem, p. 356, pl. IV, f. 4.
 1906. *Populus potomacensis*, WARD, in Fontaine, Monogr. U. S. Geol. Surv., vol. XLVIII, (1905), p. 500.
 — *P. auriculata*, ibidem, p. 499, pl. CX, f. 5.
 — *P. menispermoides*, ibidem, p. 498, pl. CX, f. 2 (non 3, 4).
 1911. *P. potomacensis*, BERRY, Lower Cretaceous, p. 458, pl. LXXXI, f. 1-1e.

Locality: Erikson's coal mine; the Pilenga Pass.

Among our collections, we observe together with remains of ferns, small leaf impressions with a tender consistence, orbicular or ovate in outline and cordate at the base. The margin of the leaves is slightly crenulate. Our leaf may be compared with *Populus potomacensis* WARD from the Patapseo Formation.

This species seems to extend in Russian Sakhalin from the lower Series into the Gyliakian.



Fig. 8.

Cocculus aff. *extinctus* VELEN.

24. *Cocculus* aff. *extinctus* VELENOVSKY.

1887. VELENOVSKY, Die Flora der böhmischen Kreideformation, 4. Theil, p. 3, pl. VI (XXXIX), fig. 1, 3.

Locality: Sea-shore at Mgach.

To this species, recorded originally from the Cenomanian of Bohemia, some leaves are very closely allied, about 6 cm. in length and $3\frac{1}{2}$ cm. in width, ovate in outline and showing thin basal nerves. *Ficus ovatifolia* BERRY,¹⁾ which is also similar in general

1) BERRY (1911), p. 123, pl. XII, f. 3.

outline and nervation with our species, is at once distinguished, however, by the Tertiary veins making network with rectangular meshes, instead of the only tender polygonal ones in ours.

25. *Credneria* aff. *integerrima* ZENKER.

1833. ZENKER, Beiträge zur Naturgeschichte der Urwelt, p. 17, pl. II, fig. 1.
 1858. STIEHLER, Beiträge zur Kenntniss der vorweltlichen Flora, p. 64, t. IX, f. 2, 3.
 1874. HEER, Kreideflora der arctischen Zone, p. 711, t. XXXII, f. 20, 21.
 1882. HEER, Die fossile Flora Grönlands, p. 78, pl. XXXVI, f. 4.

Locality : Sea-shore at Mgach.

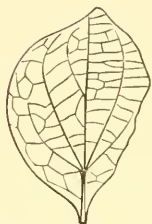


Fig. 9.
Credneria aff.
integerrima ZENK.

Of this species there is a single leaf, only 2.5 cm. in length and 20 cm. in width, and with the midrib stout enough below the point of origin of the basal secondary nerves. These nerves are found two on each side of the midrib. The margin of the leaf is quite entire and the outline broadly ovate. The lamina is a little decurrent.

The original European species shows very large leaves, but smaller specimens were figured by HEER, especially in his fig. 21 (l. c.), though our leaf is still smaller. The species was recorded from the Atane in Greenland and the Senonian of Europe.

26. *Credneria* sp.

Locality : Near Petrovsky's coal mine.

Some perfectly preserved impressions of exceedingly large leaves, found here in abundance, may be referred either to the species above described or one closely allied to it.

27. *Platanus* sp.

Locality: Sea-shore to the north of Mgach, besides other places.

Some of the large leaves in our collections seem to be allied to *Platanus Heeri*¹⁾ which is quite common in the Arctic Cretaceous (Atane) and in the Dakota Formation. *Platanus rhomboidea* VELEN.²⁾ and *Pl. Velenovskyana* KRASSER³⁾ of the European Cenomanian are similar to this species. *Platanus Velenovskyana* was recorded by me from the Southern Ural.⁴⁾ *P. Heeri* was mentioned by ROMANOWSKY,⁵⁾ as the single representative of the Cretaceous flora in the Semipalatinsk Province, Turkestan, and also determined by me in the Upper Cretaceous of the Amur river.

28. *Bauhinia cretacea* NEWBERRY.

1886. NEWBERRY, *Bauhinia cretacea*, nov. sp., p. 77, pl. LVI, f. 5.

1895. NEWBERRY, the Flora of Amboy Clays, p. 91, pl. XLIII, f. 1-4; XLIV, f. 1-3.

1911. BERRY, Flora of Raritan Formation, p. 162, t. XIX, f. 3.

Locality: Sea-shore at Mgach.

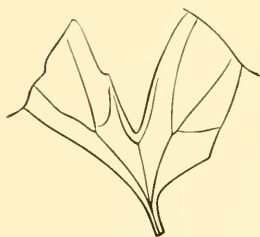


Fig. 10.

Bauhinia cretacea NEWB.

There is only one impression of this leaf, showing a peculiar character. The leaf is circular in general outline, deeply bilobate with the sinus surpassing $\frac{2}{3}$ of its length. The midrib is slender and runs in the direction of the median sinus, the lateral nerves are stronger than the midrib, and fork several times. NEWBERRY speaks of the great similarity of this form with

1) LESQUEREUX (1874), p. 70, pl. VIII, f. 4; IX, f. 1, 2.

2) VELENOVSKY (1889), p. 17, pl. II, f. 10; VI, f. 2, 3.

3) KRASSER (1896), p. 138, pl. XV, f. 2.

4) KRYSHTOFOVICH (1914), p. 607, pl. I, f. 5, 6.

5) ROMANOWSKY (1890), p. 139.

some living species of the same genus. This and another species are common in the Raritan Formation.¹⁾ A few other species were recorded by BERRY in the Magothy and in the Tuscaloosa Formation of Alabama.²⁾ Excluding the Tertiary species, this genus was recognized in Europe as *Phyllites bipartitus* VELEN. from the Cenomanian of Bohemia.³⁾ A leaf of similar shape but quite different nervation was described by HEER as *Diphyllites membranaceus*,⁴⁾ from the Patoot Beds of Greenland.

29. *Celastrophyllum Yokoyamai* n. sp.

Locality: Sea coast of Mgach.

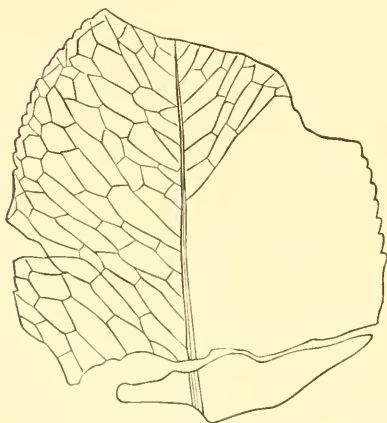


Fig. 11.

Celastrophyllum Yokoyamai n. sp.

Only a middle part of an elliptic leaf of considerable size was found, not less than 10 cm. in length and 5–5½ cm. in width. The midrib is stout, but the most characteristic feature of the leaf is a fine obtuse-serrate margin and a very slender homogeneous network of nerves, without a clear distinction of the secondary and minor veins.

Of the three species, *C. grandifolium*,⁵⁾ *C. decurrens*⁶⁾ and *C. undulatum*⁷⁾ of the Dakota Group, which seem allied to one another, our species is first of all quite different from *C. decurrens*, showing similarly serrate leaves with a

1) BERRY (1911), p. 163.

2) BERRY (1908), p. 218, f. 3.

3) VELENOVSKY (1885), p. 12, pl. VI, f. 4.

4) HEER (1883), p. 45, pl. LX, f. 4 a.

5) NEWBERRY (1895), p. 104, pl. XXI, f. 1-4 etc.

6) Idem, p. 100, pl. XIV, f. 8-17, sub. *C. angustifolium*; BERRY (1911), p. 176, pl. XXII, f. 8.

7) NEWBERRY (1895), p. 102, pl. XXXVIII, f. 1-3.

network of slender veins, but distinguished by its narrow lanceolate outline. The other two species are more similar to ours in outline and size of leaf; but *C. undulatum* is distinguished from ours by bigger teeth of the undulate margin, and *C. grandifolium* by showing a coarse quadrangular reticulation of tertiary veins between the laterals. Converging with some species of *Celastrphyllum* in several features, our specimen possesses an essential difference to warrant the establishment of a new species. But the real generic position of it and of all allied types is still a broad question, because, for instance, a quite similar leaf was described as *Ternstroemia crassipes* Vel. by VELENOVSKY¹⁾, mentioning the close resemblance of it with *Camellia japonica* (tsubaki), and still more with *Ternstroemia dentata* Sw. (the same family) from Guyana. For lack of sufficient specimens of our type, I must limit myself to the above comparison. I must also mention here, that some impressions, described as *Myrica*, have several features in common with ours and with those described as *Celastrphyllum*.

30. *Aralia Polevoii* n. sp.

Locality: Sea-shore at Mgach; Petrovsky's coal mine.

Leaves broadly cordate or orbicular, attaining 8 cm. in length and 8 cm. in width in broadest part. Base of the leaf slightly cordate, sinus broadly open, lamina a little decurrent. The limb palmately trilobate, without any subordinate lobes. Median lobe elliptic, with pointed top and sometimes strictly contracted at the base. The lateral lobes are separated from the median by sinuses with rounded bottom, and are curved outward. Primary nerves three, diverging radially, from one point at the base of leaf, running directly into the summit of each lobe. From each of the

1) VELENOVSKY (1886), p. 54, pl. XVIII, f. 3, 4; reported also by TOULA (1889), p. 33, in Balkans.



Fig. 12.

Aralia Polevoii n. sp.

run nearly at a right angle to the midrib. The secondaries of the median lobe proceed strictly upward, forming a camptodrome network near the margin. Petiole long, reaching the whole length of the limb.

The genus *Aralia*¹⁾ is chiefly Cretaceous, though some of the species still survive now in tropical and subtropical countries. On account of polymorphy of leaves, *Aralia* is very often confused with *Sassafras* and *Cissites*, both being also mainly Cretaceous. The present species, *A. Polevoii*, is most closely allied to the following species in the Potomac (Patapsco) Flora: *Araliophyllum magnifolium* FONT.,²⁾ *A. aceroides* FONT.,³⁾ *Aceriphyllum aralioides*

1) BERRY (1903 b), p. 421.

2) FONTAINE (1889), p. 318, pl. CLIX, f. 9, 10; BERRY (1911 c) p. 491, pl. XCVI, f. 1-5.

3) FONTAINE (1889), p. 319, pl. XCVI, f. 11; CLXII, f. 2.

lateral nerves, a strong branch goes off from a very short distance above the origin of the nerve. Lateral basal nerves starting from the midrib under an angle of about 30°, but running afterwards more outward, under an angle of about 45°. These lateral nerves run in the lobes nearer to their internal edge; the chief external secondary veins, produced by basal nerves,

FONT,¹⁾ and *Hederæphyllum angulatum* FONT.²⁾ All those species must, according to BERRY,³⁾ be united into the single species *A. magnifolium* FONT. The most important coincidence of the Potomac and Sakhalin leaves is the strictly contracted median lobe and the broadly cordate form of the base of the limb. But the entire absence of additional lobes and the more outwardly stretched lateral lobes, in contrast to the upward ones of the American species, are the characteristic differences. *Aralia grœnlandica* HEER,⁴⁾ represented in Atane and in Dakota, appears not so closely allied to our species, but a leaf impression described from Dakota as *Lindera venusta* Lesq.⁵⁾ shows a great resemblance to ours, differing only in having lateral nerves and lobes running more strictly upward. May it not be regarded as a synonym of *A. magnifolia* FONT.? From the above mentioned, our species seems to be good enough to be separated under the new name, *A. Polevoii* n.

A greater part of the collection of the Mgach flora consists of its leaves, which is therefore one of the most important type fossil of the Gyliakian.

Besides *A. grœnlandica*, *A. Ravniana* HR.⁶⁾ was recorded from the Atane and *A. waigathensis* HR. from the Patoot⁷⁾ Beds, both being far distant from our Sakhalin type.

31. *Aralia Tikhonovichii* n. sp.

Locality: The sea coast at Mgach.

Leaves palmately decomposed, with five leaflets; leaflets 6,0 cm. to 10.0 cm. in length, and 1.5 cm. to 2.0 cm. in width, shortly

1) FONTAINE (1889), p. 321, pl. CLXXIII, f. 8.

2) FONTAINE (1889), p. 324, pl. CLXII, f. 1.

3) BERRY (1911 c), p. 491, pl. XCVI, f. 1-5.

4) HEER (1882), p. 84, pl. XXXVIII, f. 3; XXXIX, f. 1; XLVI, f. 16, 17.

5) LESQUEREUX (1892), p. 95, pl. XVI, f. 1, 2.

6) HEER (1882), p. 84, pl. XXXVIII, f. 1, 2.

7) HEER (1883), p. 36, pl. LX, f. 5.

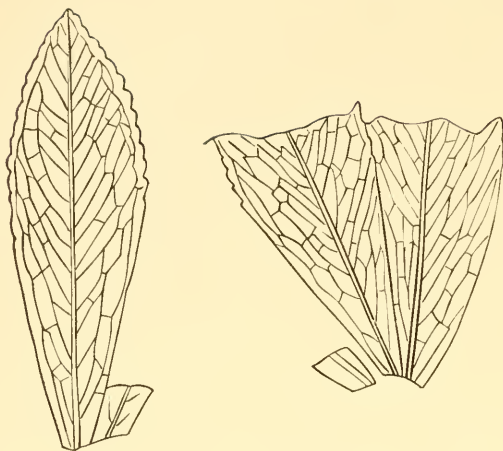


Fig. 13.

Aralia Tikhonovichii n. sp.

among the general network of veins of lower ranks, rising steeply upward, camptodrome near the edge.

Our species shows closest resemblance with the two Cenomanian species of Bohemia: *A. coriacea* VEL.¹⁾ and *A. (Panax) dentifera* VEL.²⁾ The most important difference between them and ours is in the form of the teeth of margin, which are in ours fine and well prominent below the middle of leaflet, but in *A. coriacea* dentate only at the upper half. In *A. dentifera*, the teeth descend almost down to the base, but are longer and less numerous than in ours. On account of the above mentioned divergence from the European forms, a separate species *A. Tikhonovichii* n. was established. *A. coriacea* is very abundant in the Bohemian flora, and our new species in the Mgach, although the latter never plays so important a rôle in the bed as *A. Polevii*.

As more or less similar to the *Aralia* of our type, we may point out some impressions, figured sometimes under quite different

1) VELENOVSKY (1886), p. 11, pl. I (XVI), f. 1-9; II (XVIII) f. 2; also found in Balkans, TOULA (1889) p. 33.

2) VELENOVSKY (1886), p. 13, pl. II (XVII), f. 3-5.

petiolate, oblanceolate, tapering to the apex more abruptly than to the base. Margin shortly obtuse-crenate-serrate, more evidently in the upper half and a little below, becoming quite entire on the base. The number of teeth about 10-14 on each side. Midrib stout, secondaries slender and very slightly evident

generic names, as *Dryandroides* or *Myrica*, which may be quite identical with *Aralia*, according to Marquis SAPORTA.¹⁾ Less closely allied species of *Aralia* were recorded mostly from the Cenomanian in Europe, America and Greenland, and partly from the Senonian in Europe.

32. *Hedera McClurii* HEER.

1868. HEER, Miocene Flora von Nordgrönland, F. F. A., I, p. 119, pl. XVII, f. 1 a, 2 c, 3, 4, 5 a.
 1869. HEER, Contributions to the fossil flora of North Greenland, p. 476, pl. LII, f. 8 e.
 1870. HEER, Die Miocene Flora und Fauna Spitzbergens, p. 60, pl. XIII, f. 29-33.
 1876. HEER, Beiträge zur fossilen Flora Spitzbergens, p. 78, pl. XVIII, f. 1, 2.
 1878. HEER, Miocene Flora der Insel Sachalin, p. 44, pl. VII, f. 9 b.
 1880. HEER, Beiträge zur Miocenen Flora von Nord-Canada, p. 16, pl. III, f. 5.
 1883. HEER, Die tertiäre Flora von Grönland, p. 117, pl. LXVI, f. 2.

Locality: Cape de la Jonquière.

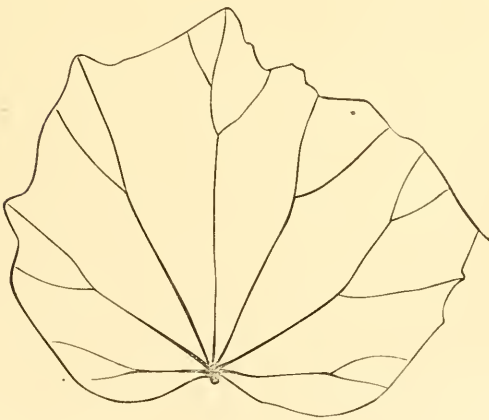


Fig. 14.

Hedera McClurii HEER.

This Arctic species, which was regarded before as Tertiary, can be identified with one of our species, occurring in the Mgach, just as I have treated *Populus arctica* in a foregoing page. Most of the described floras which contain the present species are of doubtful age; but the Mgach flora, from which HEER has

1) SAPORTA (1866), p. 114, pl. VI, f. 1.

mentioned it, is no doubt Cretaceous. However, I myself found it only at Cape de la Jonquière, a little below its *Inoceramus* horizon. The basal nerves, which count five or more, run radially upwards altogether from the same point at the top of the petiole. The midrib does not differ essentially from the laterals, and forks sometimes soon after the origin. The Cretaceous *Hedera cuneata* HR.¹⁾ and *H. primordialis* SAP.²⁾ is also not far distant from our species. *H. McClurii* HR. has until now only been found in Greenland, Spitzbergen, and on the McKenzie river in Canada.

33. *Viburnum Schmidtianum* HEER.

1878. HEER, Miocene Flora der Insel Sachalin, p. 43, pl. XI, f. 4-8.

1883. HEER, Die foss. Flora Grönlands, II. Th. II: F. Foss. Arct., vol. VII, p. 114, pl. LXXXIX, f. 10; XCIV, f. 4 (? A. K.)

Locality: Cape de la Jonquière; Petrovsky's coal mine.

Impressions, very similar to those described by HEER from Mgach and Dui, have now been found in several places. Having not now at my disposal all I collected, I simply follow the nomenclature of HEER. His specimen from Mgach is doubtless Cretaceous; but the locality at Dui is very difficult to identify owing to the indefinite use of this place name. HEER has determined the geological position as the lowermost Tertiary. Perhaps his locality "Dui" (only in this case; because in other cases he called by this name a locality near Cape Khoinju) here corresponds to the modern "Cape de la Jonquière," that is the place of the "inverted series" of SCHMIDT.

HEER himself compares the present species with *V. Whimperii*³⁾

1) SAPORTA (1869), p. 200, text-fig. 29-1 and 2; HEER (1882), p. 82, pl. XV, f. 9, 10; XXIV, f. 6, 7 a; XXVIII, f. 13, 14.

2) HEER (1882), p. 81, pl. XXVIII, f. 12; XLV, f. 2.

3) HEER (1869 c), p. 475, pl. XLVI, f. 1 b; id. (1883), p. 115, pl. CII, f. 13.

and *V. Nordenskioldii* Hr.¹⁾ from Greenland. *V. Schmidtianum* was also recorded from the Hasel Islands.

LESQUEREUX has shown the close resemblance of his *Viburnum inequilaterale*²⁾ from the Dakota Group with the present species.

INCERTÆ SEDIS.

34. *MacClintockia sachalinensis* n. sp.

Locality: Tymovskaya Padj near Niklewicz's coal mine.

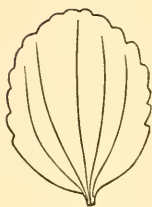


Fig. 15.

MacClintockia sachalinensis n. sp.

Leaf small, 2 cm. in length and 1.5 cm. in width, broadly ovate or nearly orbiculate, margin serrate, more distinctly towards the top. From a point of the base arise the slightly prominent midrib and basal nerves, forming a slender network with irregular meshes.

The genus *MacClintockia* represents one of the most wonderful types in the Arctic Flora. HEER described from Greenland *MacClintockia cretacea* Hr. in the Patoot Beds,³⁾ and *M. appendiculata* Hr. in the Atane.⁴⁾ The leaves of both have a quite entire margin, and the latter has besides auriculate appendices at the base. Our leaves are, however, dentate on the upper two thirds of the margin. A more close affinity with our fossil is shown by some Arctic species, treated by HEER as Tertiary. These are *M. Lyellii* Hr.⁵⁾ with narrow lanceolate leaves and *M. dentata* Hr.⁶⁾ with broader leaves; from both of which our species differs by an evidently smaller size and a more circular outline, thus separating ours as a

1) HEER (1883), p. 115, pl. XCII, f. 11; XCVI, f. 2.

2) LESQUEREUX (1892), p. 120, pl. XXI, f. 2, 3.

3) HEER (1882), p. 70, pl. XXXVI, f. 1, 2; XXXVIII, f. 2, 3, 4; id. (1883), p. 27, pl. LV, f. 14.

4) HEER (1882), p. 71, pl. XXXVII, f. 1.

5) HEER (1868), p. 115, pl. XV, f. 1 a, 2; XVI, f. 7 a b; XVII 2 a etc.; (1883), p. 95.

6) HEER (1868), p. 115, pl. XV, f. 34; (1869 c), p. 479, pl. LII, f. 4-7; (1883) p. 95.

distinct species. I have mentioned above, that the connection of our Cretaceous fossils with the Arctic Tertiary is not at all surprising. For instance, *M. trinervis* HR.,¹⁾ having been previously observed together with *Populus arctica* and *Hedera McClurii* in the so-called Tertiary of Atanekerdluk, was afterwards recognized by DAWSON in the Upper Cretaceous Bed of Port McNeil of Vancouver,²⁾ which corresponds to the Nanaimo Group and overlies the Beds of Quatsino.³⁾

DAWSON has also recorded *M. cretacea* of Patoot from the Mill-Creek Series in the Cenomanian,⁴⁾ if his determination is correct. We must also throw a glance upon the "Miocene" *M. tenera* HR. from Spitzbergen,⁵⁾ similar with our specimens in size and form.

There are in our collection still very many other dicotyledonous leaves, which represent different species not above mentioned. But not having the greater part of our collection at my disposal, where these leaves are represented by far more perfect specimens, I must postpone their determination.

Geological Institute

Imperial University

Jan. 22nd, 1918.

Tōkyō.

1) HEER (1868), p. 115, pl. XV, f. 7-13; (1869 c) p. 480, pl. L, f. 12; LII, f. 8 a.

2) DAWSON (1893), p. 64, pl. X, f. 33.

3) Id. (1890), p. 180.

4) DAWSON (1889), p. 13, pl. IV, f. 3.

5) HEER (1876 a), p. 83, pl. XXI, f. 6.

Literature.

- AUERBACH, J.—1844. Notiz über einige Pflanzen-Versteinerungen aus einem Sandsteine des Moskovischen Gouvernements: Bull. Soc. Imp. Natur. de Moscou, vol. XVII, pp. 145–148.
- BERRY, E.—1903. The Flora of the Matawan Formation: Bull. New York Botan. Garden, vol. III.
- 1903 a. The American Species referred to *Thinnfeldia*: Bull. Torr. Botan. Club, Aug. 1903, vol. 30.
- 1903 b. *Aralia* in American Paleobotany: Bot. Gaz., vol. XXXVI, p. 421–428.
- 1904. Addition to the Flora of the Matawan Formation: Bull. Torr. Botan. Club, vol. XXXI.
- 1905. Addition to the Flora of Cliffwood, New Jersey: Bull. Torr. Botan. Club, vol. XXXII.
- 1906 a. The Flora of Cliffwood Clays: Annual Report Geolog. Survey New Jersey, for year 1905.
- 1906 b. Contributions to the Flora of the Atlantic Coastal Plain: Bull. Torr. Bot. Club, vol. XXXIII.
- 1907. Paleobotanical notes: Cretaceous Floras in North and South Carolina; New species of Plants from the Magothy Formation: Johns Hopkins University Circular 1906–7, new series No. 7.
- 1910. Contributions to the Mesozoic Flora of the Atlantic Coastal Plain. V. North Carolina: Bull. Torr. Bot. Club, vol. XXXVII.
- 1911 a. The Flora of the Raritan Formation: Bull. of the Geological Survey of New Jersey, No. 3.
- 1911 b. A revision of the fossil Ferns from Potomac: Proceed. U. S. Nat. Mus., vol. XLI, p. 307.
- 1911 c. Lower Cretaceous: Maryland Geological Survey, Baltimore, Md.
- 1914. The Upper Cretaceous and Eocene Floras of South Carolina and Georgia: U. S. Geol. Surv. Profess. Paper, No. 84.
- 1916. Upper Cretaceous Floras of the World: Proceed. Nation Acad. of Sci., vol. II, March, p. 186.

- CORDA, A. J.—1846. Pflanzen-Versteinerungen in der böhmischen Kreideformation : in REUSS, Versteinerungen der böhmischen Kreideformation, pp. 81-96. Stuttgart.
- DAWSON, J. W.—1883. On the Cretaceous and Tertiary Floras of British Columbia and the North-West Territory : Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, vol. I, sect. IV.
- 1886 a. On the Mesozoic Floras of the Rocky Mountains Region of Canada : Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, vol. III (1885) Sect. IV.
- 1886 b. Geological Surv. of Canada : Annual Report, vol. I.
- 1890. Notes on the Cretaceous of the British Columbia Reg. The Nanaimo group : The American Journal of Science, vol. XXXIX, p. 180-183.
- 1893 a. On the Correlations of early Cretaceous Floras in Canada and the U. S. and on some new plants of this period : Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, vol. X (1892), sect. IV, p. 79.
- 1893 b. On new Species of Cretaceous Plants from Vancouver Island : Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, vol. XI, sect. IV, p. 53.
- DAWSON, J. W. and G. M.—1889. On Cretaceous Plants from Port McNeill, Vancouver Island : Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, vol. VI, (1888), sect. IV, p. 71.
- DUNKER, W.—1846. Monographie der Norddeutschen Wealdenbildung. Braunschweig.
- EICHWALD, E.—1862. Die vorweltliche Fauna und Flora des Grünsandes der Gegend von Moskwa : Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou, vol. XXV, No. 2, p. 355.
- 1865. Lethaea Rossica, vol. II.
- ENDLICHER, S.—1847. Synopsis Coniferarum. Sangalli.
- FONTAINE, M.—1889. Potomac or Younger Mesozoic Flora : Monographs of the U. S. Geol. Survey, vol. XV, part 1 and 2.
- 1899. Notes on Lower Cretaceous Plants from the Hay Creek Coal-field, Crook County, Wyoming : Ann. Report (19th) U. S. Geol. Surv., p. 645-702.
- 1906. Report on various collections of Fossil Plants from the Older Potomac of Virginia and Maryland : in Ward's Status of Mesozoic Floras, Monogr. U. S. Geol. Surv., vol. XLVIII (year 1905).

- GARDNER, J. S.—1884. On the Relative Ages of the American and the English Cretaceous and Eocene Series: *Geol. Magaz.*, vol. I, Dec. 3, p. 492-506.
- GEINITZ, H. B.—1842. Charakteristik der Schichten und der Petrefakten des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges, Abth. 3. Leipzig und Dresden. (2nd ed. in 1850).
- GRAY, ASA.—1859. Diagnostic characters of new species of phaenogamic plants, collected in Japan: *Memoirs of the American Academy*, new series, vol. VI, part 2.
- HARADA, T.—1890. Die Japanischen Inseln. Eine topographisch geologische Uebersicht.
- HEER, O.—1867. Ueber einige fossile Pflanzen von Vancouver und Britisch Columbia: *Neue Denksch. d. schweiz. naturforsch. Gesellschaft*, Bd. XXI.
- 1868. Die fossile Flora der Polarländer, enthaltend die in Nordgrönland, Melville Insel, Banksland, am Mackenzie, in Island und Spitzbergen entdeckten fossilen Pflanzen: *F. F. A.*, vol. I.
- 1869 a. Beiträge zur Kreideflora. I. Flora von Moletain in Mähren: *Neue Denksch. allgem. schweiz. Gesellschaft gesam. Naturwissenschaft*, vol. XXIII, p. 1-24.
- 1869 b. Flora fossilis Alaskana: *Fl. Foss. Arct.*, vol. II, part 2; *Kongl. Svenska Vetensk. Akadem. Handlingar*, bd. 8, No. 4.
- 1869 c. Contributions to the fossil Flora of North Greenland, being a description of the Plants collected by Mr. E. WHYMPER during the summer of 1867; *Philosoph. Transactions. Roy. Soc.*, vol. CLIX, p. 445.
- 1870. Die miocene Flora und Fauna Spitzbergens: *Fl. Foss. Arct.*, vol. II, part 3; *Kongl. Sven. Vetensk. Akad. Handl.*, bd. 8, No. 7.
- 1871 a. Beiträge zur Kreideflora. II. Zur Kreideflora von Quedlinburg: *Neue Denkschr. allg. schweiz. Gesellsch. gesam. Naturwiss.*, Bd. XXIV, p. 1-15.
- 1871 b. Forutskickade anmärkningar öfver Nordgrönlands Kritflora: *Öfvers. K. Svensk. Vetensk. Akad. Handl.*, bd. XXVIII, year 1870, p. 1175.
- 1871 c. Om nogle fossile Blade fra Öen Sachalin: *Vitens. Meddel. fra den nat. Forening i Kjöbenhavn*, No. 23-25.

- HEER, O.—1874 a. Om några fossila växter från ön Sachalin: Öfvers. af Kongl. Vetensk. Akad. Förhandl., No. 10.
- 1884 b. Die Kreideflora der arktischen Zone: Fl. Foss. Arct., vol. III, part 2; Kong. Sv. Vet. Akad. Handl., bd. 12, No. 6.
- 1874 c. Nachträge zur miocenen Flora Nordgrönlands, enthaltend die von der schwedischen Expedition im Sommer 1870 gesammelten miocenen Pflanzen: Fl. Foss. Arct., vol. III, part 3; Kongl. Sv. Vet. Akad. Handl., bd. 13, No. 2.
- 1874 d. Uebersicht der miocenen Flora der arktischen Zone: Fl. Foss. Arct., vol. III, part 4.
- 1876 a. Beiträge zur fossilen Flora Spitzbergens: Fl. Foss. Arct., vol. IV, part 1; Kong. Sv. Vet. Akad. Handl., bd. 14, No. 5.
- 1876 b. Beiträge zur Juraflora Ostsibiriens und des Amurlandes: Fl. Foss. Arct., vol. IV, part 2; Mém. de l'Acad. Imp. de Sci. de St.-Pétersbourg, Série VII-e, tome XXII, No. 12.
- 1878 a. Die miocene Flora des Grinnellandes gegründet auf die von Capitän H. W. FEILDEN und Dr. E. MOSS in der Nähe des Kap Murchison gesammelten fossilen Pflanzen: Fl. Foss. Arct., vol. V, part 1.
- 1878 b. Beiträge zur fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes: Fl. Foss. Arct., vol. V, part 2; Mém. de l'Acad. Impér. des Sci. de St. Pétersbourg, VII série, tome XXV, No. 6.
- 1878 c. Primitiae floræ fossilis sachalinensis. Miocene Flora der Insel Sachalin: Fl. Foss. Arct., vol. V, part 3; Mém. de l'Acad. Impér. Sci. de St.-Pétersbourg, VII-e série, vol. XXV, No. 7.
- 1878 d. Beiträge zur miocenen Flora von Sachalin: Fl. Foss. Arct., vol. V, part 4; Kongl. Sv. Vet. Akad. Handl., bd. 15, No. 4.
- 1880 b. Beiträge zur miocenen Flora von Nord Canada: Fl. Foss. Arct., vol. VI, part 3.
- 1880 a. Nachträge zur fossilen Flora Grönlands: Fl. Foss. Arct., vol. VI, 1. Abth., part 2; Kongl. Sv. Vet. Akad. Handl. bd. 18, No. 2.
- 1882. Die fossile Flora Grönlands. I. Theil.: Fl. Foss. Arct., vol. VI, 2. Abth. (Flora von Kome- und Ataneschichten).
- 1883. Die fossile Flora Grönlands. II. Theil (Die Flora der Patoot-

schichten, die tertiäre Flora von Grönland, allgem. Bemerkungen, über die Lagerungsverhältnisse d. Westküste von Grönland etc.): Fl. Foss. Arct., vol. VII.

- HITCHCOCK, E.—1841. Final report Geol. Massachusetts: Vol. II, p. 429–433.
- HOLLIICK, A.—1892. The Paleontology of the Cretaceous Formation on Staten Island: Trans. New York Acad. Sci., vol. XI, p. 96.
- 1893. Additions to the Paleobotany of the Cretaceous Formation on Staten Island. Trans. New York Acad. Sci., vol. XII, p. 28.
- 1898. Additions to the Paleobotany of the Cretaceous Formation on Staten Island (New York): Ann. New York Acad. Sci., vol. XI, p. 415.
- 1902. Geological and botanical notes: Cape Code and Chappaquidick Island, Mass.: Bull. New York Bot. Garden, vol. II, p. 381.
- 1902 b. Fossil Forms of Laramie Group of Colorado: Torrey, vol. II, p. 145.
- 1903. Fifty-fifth annual report New York State Museum for 1901.
- 1905. Additions to the Paleobotany of the Cretaceous Formation of Long Island, No. II: Bull. New York Bot. Gard., vol. III, p. 403.
- 1906. The Cretaceous Flora of Southern New York and New England: Monogr. U. S. Geol. Surv., vol. L.
- HOSIUS A. UND MARCK, W. VON DER.—1880. Die Flora der westfälischen Kreideformation: Palæontographica, vol. XXVI, p. 126.
- JAPAN.—1902. Outlines of the geology of Japan: Descriptive text to accompany the geological map of the Empire on the scale 1: 1000000. Tōkyō.
- JIMBŌ, K.—1892. General Geological Sketch of Hokkaidō, with special reference to the petrography: published by Hokkaidōchō, Satporo.
- 1908. Preliminary notes on the geology of Japanese Sakhalin, with a geol. map: Trans. of the Sapporo Natural History Society, vol. II, parts I and II, p. 1.
- KNOWLTON, F. H.—1898. A Catalogue of the Cretaceous and Tertiary Plants of North America: Bull. U. S. Geol. Survey, No. 152.
- 1905. Fossil Plants of the Judith-River beds: Bull. U. S. Geol. Surv., No. 257, p. 129.

- KNOWLTON, F. H.—1907. Description of a collection of Kootanie Plants from the Great Falls Coal Field of Montana: *Smithsonian Misc. Coll. Quart. Issue*, vol. L, p. 105.
- KONSTANTOW, S. W.—1914. Die tertiäre Flora des Bjelogorje Aufschlusses am Unterlauf des Fl. Bureja: *Mem. Comité Géologique, Russie, Livr. 113*. [Константиновъ, Третичная флора Бѣлогорскаго обнаженія въ низовьяхъ р. Бурей: Труды Геолог. Комитета, нов. сер., вып. 113].
- KRASSER, FR.—1896. Beiträge zur Kenntniss der fossilen Kreide-Flora von Kunstadt in Mähren: *Beitr. zur Geologie and Palaeontologie Oesterreich-Ungarns und des Orients*, vol. X, Heft III, p. 113.
- KRENDOWSKIJ, M.—1880. Beschreibung fossiler Bäume hauptsächlich aus dem Süden Russlands, I and II: *Trudy Obshestva Ispytateley Prirody Imperat. Kharkov. Universiteta*, vol. XIII, p. 263. [Крендовскій, Описаніе ископаемыхъ древесинъ преимущественно изъ Южной Россіи: Труды Общества Испытателей Природы Императорскаго Харьковскаго Университета, томъ 13, стр. 263].
- KRYSHTOFOVICH, A.—1914. The discovery of the Angiosperm Flora in the Cretaceous of the Ural Province: *Bull. de l'Acad. Impér. de St.-Pétersbourg* (1914), p. 603. [Криштофовичъ, Открытіе остатковъ покрытосѣменныхъ въ мѣловыхъ отложеніяхъ Уральской области: Извѣстія Императорской Академіи Наукъ (1914 г.), стр. 603].
- 1917. Cretaceous Plants in Russian Sakhalin: *The Journal of the Geological Society of Tōkyō*, vol. XXIV, No. 291, Dec. 20th, p. 624 (Summary of communication).
- KURTZ, K.—1902. Contributiones a la Palaeophytologia Argentina.-III: Sobre la existencia de una Dakota-Flora en la Patagonia Austro-Occidental: *Revista Museo de La Plata*, vol. X, p. 43-59.
- LESQUEREUX, L.—1868. On some Cretaceous Fossil Plants from Nebraska: *Americ. Journ. Sci.*, ser. 2, vol. XLVI.
- 1883. See NATHORST (1883), pag. 5 (list of plants determined by L. LESQUEREUX from Hokkaidō now in Sapporo Agricult. College of Tōhoku Imperial University).
- 1874. The Cretaceous Flora: *Reports U. S. Geol. Surv. of Territories*, vol. VI.

- LESQUEREUX, L.—1892. The Flora of the Dakota Group: Monogr. U. S. Geol. Surv., vol. XVII.
- MERCKLIN, C. E. VON.—1855. Palæodendrologicon Rossicum.—Vergleichende anatomisch-microscopische Untersuchungen fossiler Hölzer aus Russland. St.-Petersburg.
- MICHAEL.—1899. Ueber Kreidefossilien von der Insel Sachalin: Jahrb. Kgl. Preuss. Geol. Landesanst., Jahrg. 1898, vol. XVIII, p. 164.
- NATHORST, A.—1883. Contributions à la flore fossile du Japon: Koug. Sven. Vet. Akad. Handl., bd. 20, No. 2.
- 1888. Zur fossilen Flora Japan's: Palæontologische Abhandlungen von Dames und Kayser, Bd. IV, Heft 3.
- 1907. Paleobotanische Mitteilungen. I. *Pseudocycas*, eine neue Cycadophytengattung aus den cenomanen Kreideablagerungen Grönlands: Kong. Svensk. Vet. Akad. Handl., vol. XLII, No. 5, p. 1.
- 1908. Paleobot. Mitt. V. Ueber *Nathorstia* HEER: K. Sven. Vet. Akad. Handl., bd. XLIII, No. 1.
- NEWBERRY, J. S.—1886. *Bauhinia cretacea* n. sp.: Bull. Torr. Botan. Club, vol. XIII, May, p. 77.
- 1869. The Flora of the Amboy Clays: Monogr. U. S. Geol. Surv., vol. XXVI.
- 1898. The later extinct Floras of N. America: Monogr. U. S. G. Surv., vol. XXXV.
- REISS, K.—1907. Untersuchungen über fossile Hölzer aus Japan: Inaugural-Dissertation angen. in Leipzig, 22. V. 1906. Rostock.
- REUSS, A.—1846. Die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation (see CORDA). Stuttgart.
- ROMANOWSKY, G.—1890. Materialien zur Geologie von Turkestan, vol. III.
- SAPORTA, G. DE.—1866. Etudes sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire, vol. II, part 1: Ann. de Sci. Nat. 5 série, botanique, vol. III.
- 1872. Revision de la flore des gypses d'Aix. Etudes sur la végétation du sud-est de la France etc.: Ann. Sci. Nat., 5 série, botanique, vol. XV, p. 277.

- SAPORTA, G. DE.—1873. Paléontologie Française. Plantes Jurassiques, vol. I. (text et atlas), p. 292, pl. XXXII, f. 1, 2 ; XXXIII, f. 1.
- SAPORTA, G. DE ET MARION.—1876. Recherches sur la végétation fossile de Meximieux : Archive du Musée d'Histoire Natur. Lyon, vol. I.
- SCHENK, A.—1869. Beiträge zur Flora der Vorwelt. Die fossilen Pflanzen der Wernsdorfer Schichten in den Nordkarpathen : Palaeontographica, vol. XIX, Heft 1.
- 1871. Die fossile Flora der nordwestdeutschen Wealdenformation. Leipzig.
- 1875. Beiträge zur Flora der Vorwelt. Zur Flora der nordwestdeutschen Wealdenformation : Paläontographica, vol. XXIII, p. 1-57.
- SCHMIDT, F.—1873. Ueber die Kreide-Petrefakten von Sachalin : Mém. de l'Acad. Imp. de St.-Pétersbourg. VII serie, vol. XIX, No. 7.
- 1897. Ueber Kredefossilien von der Insel Sachalin : Jahrb. der Kgl. Geol. Landesanstalt.
- SEWARD, A.—1907. Jurassic Plants from Caucasia and Turkestan : Mémoires du Comité Géologique, St. Pétersbourg, livr. 38, vol. XXX-VIII.
- SHIMOTOMAI, HIDEZÔ.—1908. General Geology of the Southern part of "The Naibuchi Coal Field" on the river Onnenai, Sakhalin : Manuscript in the Geological Institute of Tōkyō Imperial University.
- SOKOLOV, D.—1814. Kreideinoceramen des russischen Sakhalin : Mémoires Com. Geol., livr. 83. [Д. Соколовъ. Мѣловые иноцерамы Русскаго Сахалина: Тр. Геол. Ком., нов. сер., вып. 83.]
- STIEHLER, A. W.—1858. Beiträge zur Kenntniss der vorweltlichen Flora : Paläontographica, vol. V, Heft 2.
- STOPEs, M.—1909. Plant containing nodules from Japan, considered structurally in their relation to the "Coal-Balls" and "Roof-Nodules" of the European Carboniferous : Quart. Journ. Geol. Soc., vol. LXV, p. 195.
- 1910. The internal anatomy of *Nilssonia orientalis* ; Ann. Bot., vol. XXIV, pp. 389-393, pl. XXVI.
- 1913. The Cretaceous Flora. Part I. Bibliography, Algæ and Fungi : Catalogue of the Mesozoic Plants of the British Museum, London.
- STOPEs and FUJII, K.—1910. Studies on the Structure and Affinities of

Cretaceous Plants: Phil. Trans. Roy. Soc., Lond., vol. 201 b, pp. 1-90, pls. I-IX.

STUR, D. in TOULA.—1889. Geologische Untersuchungen im Zentral-Balkan: Denkschr. K. K. Akad. Wiss. Wien, vol. LV, p. 25.

ТИХОНОВИЧ, N. AND ПОЛЕВОЙ, P.—1915. Geomorphological sketch of Russian Sakhalien: Mémoires du Comité Géologique, nouv. série, livr. 120. [Тихоновичъ и Полевой, Матеріалы по изслѣдованію Русскаго Сахалина. Геоморфологическій очеркъ Русскаго Сахалина: Труды Геологическаго Комитета, нов. сер., томъ 120.]

TOULA, F.—1889. Geologische Untersuchungen im Zentral-Balkan: Denkschr. K. K. Akad. Wiss. Wien, vol. LV.

TRAUTSCHOLD, H.—1876. Der Klin'sche Sandstein in Russland: Nouv. Mém. de la Soc. Impér. des Natur. de Moscou, vol. XIII, p. 191.

UNGER, F.—1867. Kreidepflanzen aus Oesterreich: Sitzber. d. K. K. Akad. Wiss. Wien, vol. LV, p. 642.

VELENOVSKY, J.—1882-7. Die Flora der böhmischen Kreideformation, Theil I-IV: Beiträge zur Geologie und Paleontologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, I-vol. II (1882), Heft I, p. 8; II-vol. III (1884) Heft I, p. 1; III-vol. IV (1886), Heft I-II, p. 1; IV-vol. (1887), Heft I, p. 1.

— 1885. Die Gymnospermen der böhmischen Kreideformation.

— 1888. Die Farne der böhmischen Kreideformation: Abhandl. d. K. böhm. Gesellsch. der Wiss. VII. Folge, vol. II, Naturwiss. Classe. No. 8.

— 1889. Kvetena českého Cenomanu: Abhandl. k. böhm. Gesellsch. Wiss., vol. III.

WARD, L.—1894. The Cretaceous Rim of the Black Hills: Journ. of Geology, vol. II, p. 250.

— 1895. The Potomac Formation: 15th Annual Report of U. S. Geol. Surv., p. 313.

— 1899. The Cretaceous Formation of the Black Hills as indicated by the fossil plants: Annual Report 19th U. S. Geol. Surv.

WEED, W. H. AND KNOWLTON, F. H.—1893. The Laramie and the over-

- lying Livingston Formation in Montana, with report on Flora: Bull. U. S. G. S., No. 105, p. 1-68, pl. I-VI.
- WHITE, D.—1890. On Cretaceous Plants from Martha's Vineyard: Amer. Journ. Sci., ser. 3, vol. XXXIX, p. 93.
- WHITE, D. AND SCHUCHERT, C.—1898. Cretaceous Series of the West Coast of Greenland: Bull. of the Geol. Soc. of America, vol. IX, p. 343.
- WHITEAVES.—1893. The Cretaceous System in Canada: Proceed. and Trans. of Royal Soc. Canada, vol. XI, sect. IV. p. 3.
- YABE, H.—1903-4. Cretaceous Cephalopoda from Hokkaidō: Journ. Coll. Sci. Tokyo, vol. XVIII, part 2, and vol. XX, part 2.
- 1909. Zur Stratigraphie und Paläontologie der oberen Kreide von Hokkaidō und Sachalin: Zeitschr. der Deutsch. Geol. Gesellschaft, vol. LXI, p. 402.
- 1902. サガレンの白堊紀層及其化石に就て (containing list of fossils from Cape Dui): Journ. Geol. Soc. Tōkyō, vol. IX, p. 44.
- YOKOYAMA, M.—1894. Mesozoic Plants from Kōzuke, Kii, Awa, and Tosa: Journ. Coll. Sci. Imper. Univ. Tōkyō, vol. VII, pt. 3.
- 1906. Mesozoic Plants from China: Jour. Coll. Sci. Imper. Univ. Tōkyō, vol. XXI, art. 9 (on Cretaceous plants pp. 11, 12).
- ZEILLER, R.—1905. Sur quelques empreintes des végétaux supracrétacée des Balkans: Annales des Mines, ser. X, vol. VII., p. 326.
- ZENKER, J. C.—1833. Beiträge zur Naturgeschichte der Urwelt. Jena.
-

Contents.

	PAGE
I. Introduction.	1
II. Geological sketch of the "Coal Mining District."	6
III. Cretaceous Floras of Sakhalin.	13
1. The Orokkian Flora.	15
2. The Gyliakian Flora.	18
3. The Ainuan Flora.	20
4. Relation of the Cretaceous and Tertiary Floras of Sakhalin.	22
5. Relation between the Cretaceous Floras of Sakhalin and Japan.	22
IV. The Cretaceous in Russian Sakhalin as coal-bearing strata.	24
V. Summary.	25
VI. Systematic Paleobotany.	27
Literature	63

MBL/WHOI LIBRARY



WH 1961

